

Univerzita Karlova v Praze

Pedagogická fakulta

Katedra tělesné výchovy

**VYTRVALECKÝ TRÉNINK VE VYSOKOHORSKÝCH
PODMÍNKÁCH**

Endurance Training in Hight- Altitude Conditions

Vedoucí bakalářské práce: Mgr. et Mgr. Zdeňka Engelthalerová

Autorka: Petra Kubešová

B TVS-VZ

Presenční

Rok dokončení: 2016

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury.

Prohlašuji, že odevzdaná elektronická verze BP je identická s její tištěnou podobou.

V Praze

Dne 5. dubna 2015

.....

Petra Kubešová

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá tématem vytrvalostního tréninku ve vysokohorském prostředí. Speciálně se věnuje tělesnému složení především celkové tělesné vodě a metodám měření tělesného složení. V teoretické části rozebírá vyšší nadmořské výšky, aklimatizaci a specifika tréninku ve vysokohorském prostředí. Praktická část je zaměřena na sledování změn celkové tělesné vody. Celková tělesná voda je zkoumána jako možný indikátor aklimatizace běžců vytrvalců na vyšší nadmořskou výšku. Pro praktickou část byly měřeny hodnoty množství tělesné vody pěti probandů ve vysokohorském prostředí ve středním stupni hypoxie 1 346 m n. m. Sledovaní sportovci se podrobili čtrnáctidennímu tréninkovému kempu. Měli stejný denní režim, podobné tréninkové plány a byli podobně staří.

Klíčová slova: vytrvalost, tělesné složení, celková tělesná voda (CTV), vyšší nadmořské výšky, bioelektrická impedanční analýza (BIA)

ABSTRACT

This bachelor's thesis deals with theme of endurance training. Also focuses on the physical composition especially on total body water and methods of measuring body composition. The final theoretical part discusses higher altitudes. The practical part is focused on monitoring changes in total body water. Total body water is examined as an indicator of acclimation of endurance runners to the higher altitude. For the practical part was measured total body water of five probands in the alpine environment in the medium degree of hypoxia 1 346 meters above sea level. Tracking athletes underwent fourteen day training camp. They had the same daily routine, simmilar training plans, and they were the same age.

Keywords: endurance, body composition, total body water (TBW), higher altitudes, bioelectrical impedance analysis (BIA)

ZKRATKY

ATH- aktivní tělesná hmota

ANP- anaerobní práh

ATP- adenosintrifosfát

BIA- bioelektrická impedanční analýza

BF- body fat

BMI- index tělesné hmotnosti

CP- kreatinfosfát

CTV- celková tělesná voda

FFM- tukuprostá hmota

LA- laktát

LBM- lean body mass

LDL cholesterol- cholesterol vázaný na nízkodenzitní lipoprotein

m n. m.- metry nad mořem

O₂- kyslík

pH- vodíkový exponent

PO₂- parciální tlak kyslíku

TF- tepová frekvence

VO_{2max}- maximální spotřeba kyslíku

VT- vysokohorský trénink

TBW- total body water

WHR- poměr obvodu pasu a boků

OBSAH

ÚVOD.....	7
1 PROBLÉM A CÍL PRÁCE.....	8
2 TEORETICKÁ ČÁST.....	9
2.1 Vytrvalost, metody a specifika rozvoje.....	9
2.1.1 Druhy vytrvalosti.....	9
2.1.2 Metody stimulace vytrvalosti.....	10
2.1.3 Rozvoj vytrvalosti v praxi.....	14
2.2 Tělesné složení a celková tělesná voda.....	15
2.2.1 Tělesné složení a jeho metody měření.....	16
2.2.2 Rozdělení a popis vybraných metod pro určení tělesného složení.....	17
2.2.3 Bioelektrická impedanční analýza a její parametry.....	19
2.3 Nadmořské výšky.....	21
2.3.1 Dělení nadmořské výšky.....	21
2.3.2 Fyziologické aspekty vlivu vyšší nadmořské výšky na organismus.....	22
2.3.3 Fyzikální aspekty vlivu vyšší nadmořské výšky.....	25
2.3.4 Aklimatizace a její fáze.....	26
2.3.5 Stavba tréninku ve vyšší nadmořské výšce.....	28
2.3.6 Kontrola průběhu aklimatizace na vyšší nadmořskou výšku.....	28
3 PRAKTICKÁ ČÁST.....	30
3.1 Metody a postup práce.....	30
3.1.1 Analýza tréninkových plánů.....	31
3.1.2 Statistika zpracování dat.....	32
3.1.3 Výzkumný soubor.....	32
3.2 Popis experimentu.....	32
4 VÝSLEDKY.....	32
5 DISKUSE.....	42
6 ZÁVĚRY.....	44
7 POUŽITÁ LITERATURA.....	46
8 SEZNAM TABULEK A GRAFŮ.....	48
9 PŘÍLOHY.....	49

ÚVOD

Výkonnostní sportovci stráví tréninkovou přípravou část svého života. V úrovni jejich trénovanosti nebývají velké rozdíly, a proto každá tréninková metoda, která zvyšuje účinnost tréninkové přípravy, je vítána.

Pobyt ve vyšší nadmořské výšce je jednou z metod zefektivnění sportovního tréninku vytrvalostních sportů. Sama se vytrvalostnímu sportu věnuji a z vlastní zkušenosti vím nejen o pozitivních účincích této varianty tréninku, ale i o jeho obtížích.

Adaptační procesy v organismu v hypoxickém prostředí jsou velice specifické a zvolený tréninkový program musí být sestavován individuálně podle aktuálních reakcí sportovce, jinak může dojít k přetrénování. Způsobů kontroly aklimatizace na vyšší nadmořskou výšku není mnoho a sledování množství tělesné vody je jedním možným způsobem ověřování aklimatizace.

Rozhodla jsem se zkoumat změny tělesné vody při využití metody bioelektrické impedanční analýzy přenosné chytré osobní váhy. Zajímalo mě, jestli lze takto indikovat míru aklimatizace.

1 PROBLÉM A CÍL PRÁCE

Cílem této práce bylo zjistit, zda lze sledováním změn celkové tělesné vody indikovat průběh aklimatizace ve vyšší nadmořské výšce a tím přispět k efektivnějšímu vytrvalostnímu tréninku.

Na začátku práce jsem si stanovila tyto problémové otázky:

1. Lze sledováním změn tělesné vody při výcvikových táborech ve vyšších nadmořských výškách posoudit průběh aklimatizace?
2. Kolikátý den výcvikového tábora ve vyšší nadmořské výšce dochází k retenčnímu vrcholu obsahu vody v těle?
3. Je zvolená metoda bioelektrické impedanční analýzy přenosné chytré osobní váhy pro indikaci aklimatizace ve vyšší nadmořské výšce vhodná?

2 TEORETICKÁ ČÁST

2.1 Vytrvalost, metody a specifika rozvoje

Podle (Čelíkovského, 1975) je vytrvalost schopnost odolávat únavě. Podle (Choutky a Dovalila, 1987) je vytrvalost pohybová schopnost k dlouho trvající pohybové činnosti. Je to soubor předpokladů provádět cvičení s nižší než maximální intenzitou co nejdéle, nebo po určitou dobu co nejvyšší možnou intenzitou¹.

O úrovni vytrvalostních schopností rozhoduje především výkonnost dýchacího a srdečně-cévního systému, které zabezpečují příjem a transport kyslíku a energetických zdrojů do svalů. Dále je vytrvalost ovlivněna nervovým systémem při koordinaci pracujících svalů. Velkou roli hraje metabolismus při látkové výměně, uvolňování energie a při vytváření zásob energie. Vytrvalost je dále ovlivněna morálně volnými psychickými procesy, tedy vůlí a morálkou sportovce.²

Adaptabilita systémů, které na vytrvalost mají vliv, je větší než u ostatních kondičních schopností (Dovalil, 2002). Podle literatury (Perič a Dovalil, 2010) ji můžeme zlepšit již během 2-4 týdnů tréninku. Dále autoři uvádějí důležité funkce vytrvalosti. Vytrvalost je významným kondičním základem pro většinu sportů. Vytváří v organismu takové podmínky, aby sportovec mohl zvládnout soutěž po celou dobu trvání a nesnižoval intenzitu během zatížení. Vytrvalost dále zabezpečuje zotavovací procesy. Při zatížení nastává produkce laktátu, který způsobuje okyselení pracujících svalů. To negativně ovlivňuje funkci CNS a pro další činnost je nutné tyto produkty rychle a důsledně odbourávat. Tréninkem vytrvalosti se urychlují zotavovací procesy a doba trvání pohybové aktivity se tím pádem prodlužuje.³

2.1.1 Druhy vytrvalosti

Autoři Perič a Dovalil (2010) vytrvalostní schopnosti dělí:

Podle počtu a rozložení zapojených svalů v pohybové činnosti:

¹ CHOUTKA, Miroslav a Josef DOVALIL. *Sportovní trénink*. 1.vyd. Praha: Olympia, 1987. Naučná literatura. s. 85.

² DOVALIL, Josef. *Výkon a trénink ve sportu*. Vyd. 1. Praha: Olympia, 2002. ISBN 80-7033-928-4. s. 139.

³ PERIČ, Tomáš a Josef DOVALIL. *Sportovní trénink*. 1. vyd. Praha: Grada, 2010. Fitness, síla, kondice. ISBN 978-80-247-2118-7. s. 106, 107.

- celková – pracují obvykle více jak dvě třetiny svalstva. Do celkové vytrvalosti se řadí běh, bruslení, plavání atd. Má celostní charakter, intenzita zatížení je většinou střední až mírná.
- lokální – je zapojena maximálně jedna třetina svalstva těla. Patří sem opakovaná střelba míčem na koš. Neklade zvýšené nároky na kardiorespirační systém.

Podle typu svalové kontrakce:

- dynamická – práce v izotonickém režimu, a to krátkodobého až dlouhodobého charakteru, lokálního či globálního charakteru
- statická – schopnost svalové práce v izometrickém režimu. Může být krátkodobá až dlouhodobá, lokálně či globálně vytrvalostního charakteru.

Podle doby trvání pohybového úkolu:

- dlouhodobá – délka trvání je 8-10 minut či více, energeticky je zajišťována ze zóny O₂
- střednědobá – její délka trvání je v rozmezí 3-8 minut a energeticky je zabezpečována LA-O₂ zónou
- krátkodobá – doba trvání je kolem 2-3 minut, energetické zajištění je prostřednictvím LA zóny
- rychlostní – je v délce trvání do 20 sekund a energeticky obstarávána zónou ATP-CP

S ohledem na podíl energie uvolněné aerobně nebo anaerobně:

- aerobní
- anaerobní

S ohledem na zapojení další pohybové schopnosti:

- silově vytrvalostní
- rychlostně vytrvalostní
- koordinačně vytrvalostní⁴

2.1.2 Metody stimulace vytrvalosti

⁴ PERIČ, Tomáš a Josef DOVALIL. *Sportovní trénink*. Praha: Grada, 2010. Fitness, síla, kondice. ISBN 978-80-247-2118-7. s. 106.

Jak uvádějí autoři Choutka a Dovalil (1987), vytrvalostní schopnosti jsou dominujícími a také limitujícími faktory ve vytrvalostních cyklických sportech. Pro většinu vytrvalostních sportů je pro trénink důležitá dlouhodobá vytrvalost. Je to základ pro rozvoj ostatních druhů vytrvalosti a podmínkou pro absolvování většího objemu tréninku. Čím větší jsou aerobní možnosti, tím ekonomičtěji organismus pracuje a tím větší rezerva mu zbývá pro zvyšování intenzity v potřebných fázích závodu.⁵ Podle autorů Choutky a Dovalila (1987) se metody vytrvalosti dělí na metody rozvíjející střednědobou a dlouhodobou vytrvalost, metody rozvíjející krátko dobou vytrvalost a metody rozvíjející rychlostní vytrvalost.

Jednotlivé metody následovně v knize Sportovní trénink autoři Choutka a Dovalil popisují:

Metody pro rozvoj střednědobé a dlouhodobé vytrvalosti

K rozvoji střednědobé a dlouhodobé vytrvalosti patří metody nepřerušované, které dělíme na souvislé, střídavé (fartlek) a dále metody intervalové. K metodám intervalovým patří klasická metoda, švédská forma, forma velmi krátkých intervalů a metoda dlouhých intervalů.

Metody nepřerušované

doba trvání: 30 minut a více

intenzita cvičení: nízká, 130- 170 tepů/min

Doba trvání je limitována snížením glykogenu, vyčerpáním jeho zásob, poklesem hydratace nebo subjektivní motivací. Délka trvání může být i v rozsahu několika hodin. Volba délky a intenzity cvičení je dána především stupněm trénovanosti. Pohybová činnost probíhá především v aerobním režimu.

- Metoda souvislá- rovnoměrné nepřerušované zatížení nízké až střední intenzity
- Metoda střídavá- nepřetržité déle trvající vytrvalostní zatížení, při kterém se střídají různé intenzity zatížení podle předem určeného plánu
- Metoda fartleková- specifická varianta metody střídavé, při které se využívá běhu v terénu. Rovnoměrný běh je prokládán zrychlenými úseky podle subjektivního pocitu. Přeloženo jako „hra s během“.

⁵ CHOUTKA, Miroslav a Josef DOVALIL. *Sportovní trénink*. 1. vyd. Praha: Olympia, 1987. Naučná literatura. s. 87, 88.

Intervalové metody

doba trvání: 90 s

intenzita cvičení: 180 tepů za minutu na konci cvičení

interval odpočinku: nejvýše 90 s

charakter odpočinku: zpravidla aktivní

počet opakování: cvičení se ukončuje, když se po zotavném intervalu tep nevrátí do původních hodnot

Intervalové metody jsou plánovaně členěné cvičení určité intenzity. Jsou členěny na fáze zatížení a zotavení, přičemž v intervalech odpočinku nedochází k plnému zotavení.

- Klasická forma

doba trvání: 90 sekund

intenzita cvičení: SF na konci cvičení kolem 180 tepů/min

interval odpočinku: variabilní- do poklesu TF na 120 -140 tepů/min, nejvýše však 90 s.

charakter odpočinku: aktivní

počet opakování: ukončit, je-li po zotavném intervalu tep vyšší než 140 tepů/min

Tato metoda významně ovlivňuje dýchací procesy, rozvoj srdečního svalu, aerobní výměnu ve tkáních.

- Metoda švédská

doba trvání: 3- 5 minut

intenzita cvičení: co nejvyšší, ale taková, aby bylo zatížení absolvováno bez výkyvů intenzity

interval odpočinku: 3- 5 minut

charakter odpočinku: aktivní

počet opakování: nelze-li danou intenzitu v dalších opakováních udržet, ukončit cvičení

Vzhledem k tomu, že činnost v tomto režimu probíhá za vysoké spotřeby kyslíku po delší dobu, je aerobní výkon mohutně stimulován a rozvíjí se na vysokou úroveň

- Metoda velmi krátkých intervalů

doba trvání: 10- 15 sekund

intenzita cvičení: absolutně vysoká (submaximální až maximální)

interval odpočinku: 10- 15 sekund

charakter odpočinku: pasivní

počet opakování: po dobu 20- 30 minut

Zde vysoká intenzita vede k tomu, že je aktivita zabezpečována z ATP- CP systému a nedochází k produkci laktátu, tak jako u švédské formy. V tomto režimu, který by jinak bez přerušení vyčerpal energetické zdroje za 4 minuty, lze pracovat až 30 minut. Účinek tohoto typu se projevuje jak ve směru aerobním, tak anaerobním.

Metody rozvoje vytrvalosti jsou dále založené na poznatcích o anaerobním prahu. „Anaerobní práh znamená takovou nejvyšší intenzitu konstantního zatížení, při níž k úhradě energie nestačí pouze aerobní procesy, výrazněji se uplatňují už také procesy anaerobní, avšak celý metabolický systém zůstává ještě v dynamické rovnováze tvorby a využití laktátu.“ (Choutka, Dovalil, 1987)

Trénink na úrovni anaerobního prahu umožňuje trénovat tak, aby VO_{2max} bylo co nejvyšší, současně produkce laktátu byla co nejnižší, a aby bylo možné cvičení provádět déle vzhledem k potřebám aerobní kapacity. Intenzita zatížení na anaerobním prahu klade velké nároky na aerobní systém a současně snižuje aktivaci ATP- LA systému. U netrénovaných jedinců se anaerobní práh pohybuje přibližně mezi 50- 70% VO_{2max} a u trénovaných zhruba mezi 80- 90% (Choutka, Dovalil, 1987).

Z těchto poznatků vychází další metoda.

- Metoda dlouhodobých intervalů:

doba trvání cvičení: 8- 20 minut

intenzita cvičení: na úrovni ANP

interval odpočinku: 6- 10 minut

charakter odpočinku: aktivní

počet opakování: podle úrovně trénovanosti

Metoda pro rozvoj krátkodobé vytrvalosti

doba trvání: 20 sekund- 2 minut

intenzita cvičení: relativně maximální

interval odpočinku: 1:3, nebo postupně zkracovány 6- 4- 2 min

charakter odpočinku: lehce aktivní

počet opakování: 25- 10 podle zvolené doby cvičení

Metoda pro rozvoj rychlostní vytrvalosti

doba trvání: 5- 20 sekund

intenzita cvičení: maximální

interval odpočinku: 1:4

charakter odpočinku: aktivní

počet opakování: 15- 20 v sériích po 5- 10

2.1.3 Rozvoj vytrvalosti v praxi

Vytrvalostní schopnosti se týkají především fyziologických funkcí zúčastněných orgánů a systémů, a proto rozvoj vytrvalosti je postaven na znalostech fyziologických mechanismů adaptačních procesů (Choutka, Dovalil, 1987). U dlouhodobé a střednědobé vytrvalosti se rozhodujícím způsobem uplatňuje O_2 systém hrazení energie, který se získává oxidativním způsobem. Se zvyšující se intenzitou a tím zkracující se dobou pohybové aktivity se zvyšuje podíl anaerobních procesů. Z fyziologického hlediska je dlouhodobá a střednědobá vytrvalost dána hlavně dvěma předpoklady a to aerobním výkonem a aerobní kapacitou. Oba se týkají přenosu O_2 do tkání.

(Havlíčková, 2008) udává, že aerobní kapacita je celkový objem energie uvolnitelné oxidativně. Základem je VO_{2max} neboli maximální aerobní výkon, tedy maximální spotřeba kyslíku. Ten je nepřímo charakterizovaný časem, po který je možno udržet co nejvyšší hodnotu VO_2 a pracovat co nejdéle při vysokém % VO_{2max} .

U vytrvalců mužů činí 70- 80 ml/min/kg a u žen 70- 75 ml/min/kg. Průměr u mužů byl naměřen 45 a u žen 36. Po funkční stránce je VO_{2max} komplexním ukazatelem výkonnosti celého transportního systému pro kyslík od vdechnutí atmosférického kyslíku, až po využití kyslíku v buňkách.⁶

K rozvíjení vytrvalostních schopností je důležité kontrolovat proces tréninkového zatížení a k tomu je vhodné % VO_{2max} . Dá se zjistit laboratorně, ale jeho přímé použití v praxi je obtížné. Orientovat se dá proto podle odhadu tepové frekvence. Podle ní se dá upravovat intenzita zatížení a modelovat tréninkové jednotky.

Řízení rozvoje vytrvalostních schopností zpravidla začíná rozvojem aerobní oblasti vytrvalosti při užití nepřerušovaných metod, popř. by měl být doplněný silově-vytrvalostním tréninkem. Tato etapa obvykle trvá několik týdnů, zpravidla 2- 4 týdny. Rozvoj vytrvalostních schopností by však neměl utlumovat rozvoj rychlosti. Proto by se měly zařadit podněty stimulující rychlost. Jednou z možností této stimulace je využití

⁶ CHOUTKA, Miroslav a Josef DOVALIL. *Sportovní trénink*. 1. vyd. Praha: Olympia, 1987. Naučná literatura. s. 89.

fartleku, jinou jsou tzv. „rychlostní vstupy“. Jde o několik (3- 6) velmi krátkých úseků v délce trvání několika sekund ve vysoké intenzitě, které jsou rovnoměrně zařazeny v průběhu vytrvalostního zatížení.

Druhá etapa vytrvalostní přípravy je charakteristická rozvojem speciální vytrvalosti obvykle se volí intervalové metody. Do tréninku je zařazováno i zatížení stimulující LA systém. Prostředky se již blíží potřebám specializace. Doba trvání etapy je opět několik týdnů 2- 4.⁷

Rozvoj vytrvalosti je zakončen velmi specifickým tréninkem, jak z hlediska metod, tak i prostředků. Podle potřeb dané specializace se může rozvíjet úroveň tempové vytrvalosti, či krátkodobé a rychlostní vytrvalosti. Prostředky jsou obvykle velmi specifické. Jako tréninkové podněty se zařazují tréninkové soutěže, které se tak dostávají na nejvyšší úroveň z hlediska míry specifčnosti i zaměření na jednotlivé energetické zóny.

Velký význam pro rozvoj vytrvalosti, jak již bylo uvedeno, má diagnostika. Frekvence funkčních i motorických testů se určuje podle jednotlivých období ročního tréninkového cyklu. Při těchto diagnostických vyšetření jsou důležité změny u konkrétního závodníka v závislosti na jeho předchozím tréninku. Důležitý je individuální přístup.⁸

2.2 Tělesné složení a celková tělesná voda

Celková tělesná voda (CTV) zahrnuje veškerou vodu přítomnou v těle. Všeobecně je známo, že normální množství celkové tělesné vody kolísá mezi 60 a 70% hmotnosti člověka. Vytrvalostní trénink ve vyšších nadmořských výškách je velice ojedinělý. Během této sportovní přípravy v horském prostředí je velice nutné minimalizovat dehydrataci a současně tréninkovým programem přispět k urychlení adaptačního procesu, aby nedocházelo k zadržování vody v těle.

Kvalitní pitný režim vytrvalostních sportovců ve vysokohorských podmínkách je důležitý, protože v těchto podmínkách může snadněji vzniknout dehydratace (Suchý, 2014). Nedostatečný pitný režim a tím snížení tělesné vody způsobuje mnoho zdravotních komplikací. S tím se sportovci setkávají při namáhavých fyzických výkonech, které může

⁷ PERIČ, Tomáš a Josef DOVALIL. *Sportovní trénink*. 1. vyd. Praha: Grada, 2010. Fitness, síla, kondice. ISBN 978-80-247-2118-7. s. 115.

⁸ PERIČ, Tomáš a Josef DOVALIL. *Sportovní trénink*. 1. vyd. Praha: Grada, 2010. Fitness, síla, kondice. ISBN 978-80-247-2118-7. s. 115.

doprovázet silné pocení a mohou vyústit v průjmy, nebo zvracení. Zadržování tělesné vody, tedy nárůstu tělesné vody, může proces aklimatizace zpomalovat.

Aklimatizace na vyšší nadmořskou výšku neprobíhá plynule, ale postupuje v několika fázích. Urychlování průběhu aklimatizace se nedoporučuje, protože případným nerespektováním individuálních reakcí těla na různé tréninkové druhy zatížení lze rychlost a kvalitu aklimatizace narušit. Díky tomu vzniklo několik modelů posouzení průběhu adaptace na vyšší nadmořské výšky. Jedním z nich je model sledování tělesného složení.

2.2.1 Metody měření tělesného složení

Výsledky studií o tělesném složení nám podávají informace o jeho změnách v průběhu ontogenetického vývoje jedince a mají i velký význam při popisu jednotlivých etap života. Dlouhodobá pozorování nám mohou sdělovat informace o zdravotním stavu populace, mohou objasnit význam rizik při různých chorobách a pomáhají trenérům a sportovcům při tvorbě tréninkových plánů. Hlavně rizika spojená s nadváhou a poklesem tělesné zdatnosti a výkonnosti jsou popisována jako nejzávažnější.⁹

Tělesné složení se značně mění během ontogenetického vývoje jedince. Charakteristické změny lze pozorovat v množství tělesného tuku a množství svaloviny. Procento tělesného tuku stoupá do 1. roku života. Poté se do 7- 8. roku života podkožní tuk snižuje a podíl svalové hmoty roste. Od 8. roku tuk v těle soustavně narůstá kromě období puberty u chlapců, kdy tuk výrazně klesá. Množství tuku dále pak stoupá až do přibližně 50. roku života žen a 60. roku života mužů. Postupem stárnutí tělesný tuk znovu klesá a ubývá i množství aktivní tělesné hmoty. Nejvyšší podíl svaloviny byl nalezen u mužů kolem 20 let. Toto období je také obdobím nejvyšší absolutní hodnoty aerobní kapacity.¹⁰

Na složení lidského těla můžeme nahlížet buď z pohledu anatomického, nebo chemického. Z hlediska anatomického je možné lidské tělo dělit na tkáně kosterní, svalové,

⁹ ŠIMEK, Josef. *Číslo o lidském těle a jak jim rozumět*. 1. vyd. Praha: Victoria Publishing, 1995. ISBN 80-85865-84-X.

¹⁰ PAŘÍZKOVÁ, Jana. *Složení těla a lipidový metabolismus za různého pohybového režimu*. 1. vyd. Praha: Avicenum, 1973. ISBN 3180895505. s. 13-21.

tukové, orgánové a další. Chemicky se tělo skládá z vody, minerálů, karbo-hydrátů, bílkovin a tuků.¹¹

2.2.2 Rozdělení a popis vybraných metod pro určení tělesného složení

V současné době rozlišujeme několik modelů tělesného složení. Nejjednodušší z nich dvou komponentový rozděluje lidské tělo na tuk a tukuprostou hmotu. Některé dvou komponentové modely používají pro tukuprostou hmotu- Fat Free mass (FFM)- označení Lean Body Mass (LBM), nebo aktivní tělesnou hmotu (ATH). To ale zahrnuje mezi netukové složky i malé množství základního tuku, který je těžké odlišit od tuku ne-esenciálního. Proto se v odborné literatuře častěji používá termín FFM, které má relativně stálé složení a řadí se do ní hmotnost svalů, kostí, vnitřních orgánů a dalších tkání. Svalovina FFM tvoří asi 40- 50%.¹²

Podle literatury, (Malá et. al., 1995) tří komponentový model hovoří o tukové, buněčné a extra-celulární tkáni. Čtyř komponentový model popisuje tělesný tuk, extra-celulární tekutinu, buňky a minerály. Podrobnější pěti komponentový model tělesného složení rozděluje tělo na elementární, molekulární, celulární, funkční a celo-tělovou složku. Elementární část obsahuje základní chemické prvky a prvky stopové. Molekulární část je tvořena vodou, vázaným tukem, proteiny, glykogenem. Celulární komponenta obsahuje vlastní buňky tkání, extra-celulární vodu a mimo-buněčné pevné látky.¹³

Pak jsou metody rozděleny na dvě základní skupiny. První skupina metod je určena pro laboratorní použití. Tyto metody jsou technicky a finančně náročné. Druhá skupina metod, tzv. terénních, je relativně dostupná a častěji používána při měření větších skupin probandů mimo laboratoř.

Souhrn metod pro zjišťování odhadu tělesného složení podle Pařízkové (1998):

Měření tloušťky podkožního tuku

- Radiografie

¹¹ MALÁ, Lucie et al. *Fitness Assessment- body composition*. 1st English ed. Prague: Karolinum Press, 2014. ISBN 978-80-246-2560-7. s. 9-15.

¹² HAVLÍČKOVÁ, Ladislava. *Fyziologie tělesné zátěže I: obecná část*. 2. Vyd. Praha: Nakladatelství Karolinum, 1999. ISBN 80-7184-875-1. s. 139.

¹³ MALÁ, Lucie et al. *Fitness Assessment- body composition*. 1st English ed. Prague: Karolinum Press, 2014. ISBN 978-80-246-2560-7. s. 9-15.

- Ultrazvuk
- Infračervené reakce

Denzitometrie

- Hydrostatické vážení
- Voluminometrie

Hydrometrie

- Izotopy vodíku
- Bioelektrická impedance (BIA)
- Celková tělesná vodivost

Biofyzikální metody (nutné počítače)

- Celkový tělesný draslík
- Celkový tělesný vápník
- Celkový tělesný dusík

Biochemické metody

- Kreatininurie
- Celkový plasmatický kreatinin

Kaliperace podle Pařízkové

Metody pro zjišťování tělesného složení dále rozdělujeme na přímé I. úrovně, nepřímé II. úrovně a nepřímé III. úrovně. Metody přímé by umožnila pouze pitva, ty jsou za života jedince nerealizovatelné. Metody nepřímé, II. úrovně, jsou metody laboratorní vyžadující náročné technické zázemí. Nepřímé, III. úrovně, jsou metody terénní, které poskytují méně přesné výsledky.¹⁴

K laboratorním technikám lze zařadit duální rentgenovou spektroskopii, radiografii, denzitometrii, hydrometrii, ultrazvuk, biochemické a biofyzikální metody. K terénním dostupným technikám se řadí výpočet BMI, WHR, kaliperace a bioelektrická impedance (Duren, Sherwood, Czerwinski, 2008).

Laboratorní metody jsou pro diagnostiku aklimatizace ve vyšších nadmořských výškách nepoužitelné. Ve vysokohorských podmínkách se k dostupným metodám řadí pouze metody terénní.

¹⁴ HAVLÍČKOVÁ, Ladislava. *Fyziologie tělesné zátěže I: obecná část*. 2. Vyd. Praha: Nakladatelství Karolinum, 1999. ISBN 80-7184-875-1.s. 139.

Výpočet BMI

Výpočet BMI je terénní metoda měření tělesného složení. Je to podíl tělesné hmotnosti a výšky. Hodnota BMI je pouze orientačním údajem, protože nebere v úvahu individuální rozdíly spojené s věkem. Je důležité posuzovat výsledky obou pohlaví podle rozličných tabulkových hodnot, protože fyziologicky se stavba těla muže a ženy velmi liší. Muži mají v průměru více aktivní tělesné hmoty a ženy více tukové. Tato metoda nerozlišuje množství tuku v těle a svaloviny. To může zapříčinit, že svalnatý jedinec je vyhodnocen metodou BMI jako „obézní“.

Výpočet WHR

Terénní metoda WHR je vypočítávána z poměru obvodu pasu k obvodu boků. Vypočítaná hodnota by podle Havlíčkové (1999) neměla přesáhnout 0,80. Je to také pouze orientační údaj a podává pouze základní informaci o tělesném složení. Index může být ovlivněn druhem somatotypu. Tento index nepočítá s rozdíly věku, pohlaví a tělesné zdatnosti.

Kaliperace

Kaliperace je nejrozšířenější terénní metodou pro měření podkožního tuku pomocí měření tloušťky kožních řas. Metoda vychází z předpokladu, že asi 50 % celkového tělesného tuku je uloženo v podkoží. Na základě změření podkožního tuku lze tedy vypočítat hodnotu celkového tělesného tuku. K měření tloušťky kožních řas se používají speciální měřidla kalipery. U nás je nejrozšířenější metodika měření 10. kožních řas podle Pařízkové, používají se ale i metody měřící menší počet řas. Metoda je náročná na přesnost provedení. Doporučuje se provádět tři měření za sebou a pak z výsledků udělat průměr.¹⁵

2.2.3 Bioelektrická impedanční analýza a její parametry

Tato relativně nová terénní metoda, používaná od 80. let dvacátého století, je založena na šíření střídavého proudu nízké intenzity biologickými tkáněmi. Nejčastěji se používá proud o velikosti 800 mA s frekvencí 50 kHz. Multifrekvenční bioelektrická impedance při stejném proudu používá frekvenci od 0 do cca 1 000 kHz.

¹⁵ HAVLÍČKOVÁ, Ladislava. *Fyziologie tělesné zátěže I: obecná část*. 2. Vyd. Praha: Nakladatelství Karolinum, 1999. ISBN 80-7184-875-1. s. 140.

Určení množství tělesného tuku a tělesné vody je možné provést během několika sekund. Metoda je bezpečná, vyžaduje relativně nízké náklady a malou technickou náročnost. Je využitelná v terénních podmínkách a nezatěžuje měřeného.

Z Ohmova zákona vyplývá, že proud procházející tělem je nepřímo úměrný jeho impedanci. Resistence či impedance jsou vyjádřeny v ohmech. Metoda je založená na předpokladu, že tukuprostá hmota, která obsahuje velký podíl vody a elektrolytů, je dobrým vodičem proudu. Tuková tkáň se oproti tomu chová jako izolátor. V živých soustavách je elektrická vodivost závislá na distribuci vody a iontů. Vychází se z předpokladu, že aktivní hmota obsahuje všechnu vodu a vodivé elektrolyty, a proto je vodivost aktivní hmoty větší než tělesného tuku. Zde je právě vhodné použít multifrekvenční bioelektrickou impedanci. Ta je lépe schopná rozlišit celkovou tělesnou vodu (vysoká frekvence- 50 či 100 kHz) a extra-celulární (mimo-buněčnou) vodu (nízké frekvence- 1 či 5 kHz).¹⁶

Na základě rovnic je pak z hodnot impedance, případně resistance a reaktance vypočteno buď přímo procento tělesného tuku, případně hodnoty aktivní tělesné hmoty či hodnoty celkové tělesné vody. Do rovnic někdy vstupují i parametry jako věk, tělesná výška, tělesná hmotnost či pohlaví probanda. Některé rovnice jsou kombinací bioimpedančních hodnot a hodnot antropometrických. Ve většině případů je nejlepší použít rovnice přímo dodané a doporučené výrobcem přístroje. Výjimkou je použití bioimpedance u specifických skupin- pacienti, starší lidé, obézní, děti apod.

Použití BIA ke stanovení tělesného složení může být v některých případech problematické. Akutní hodnota je ovlivněna faktory jako je tělesná teplota, stav hydratace a zásoby svalového glykogenu, který je vázán na vodu. Je tedy důležité klást důraz na podmínky provádění testu. Pokud nedojde ke kontrole stavu hydratace, doby odstupu od tělesné aktivity či příjmu stravy, dojde k podhodnocení procenta tělesného tuku. Všeobecně se však uvádí, že BIA nadhodnocuje % tělesného tuku asi o 4% ve srovnání s jinými běžně používanými terénními metodami určení procent tělesného tuku.¹⁷

Bioimpedanční elektrická analýza je zaměřena na:

¹⁶ HAVLÍČKOVÁ, Ladislava. *Fyziologie tělesné zátěže I: obecná část*. 2. Vyd. Praha: Nakladatelství Karolinum, 1999. ISBN 80-7184-875-1. s. 142, 143

¹⁷ HAVLÍČKOVÁ, Ladislava. *Fyziologie tělesné zátěže I: obecná část*. 2. Vyd. Praha: Nakladatelství Karolinum, 1999. ISBN 80-7184-875-1. s. 142, 143.

Celkovou tělesnou vodu (CTV)

Je vypočítávána z hodnoty Resistance při 50 nebo 100 kHz a z faktorů: věk, hmotnost, pohlaví. Objemu CTV se v organismu zvyšuje například při onemocnění renálního systému, zvýšené tělesné hmotnosti, těhotenství, v době menstruace nebo při velké fyzické zátěži a pobytem ve změněném klimatickém prostředí. Někteří výrobci přístrojů BIA používají rovnice, které vypočítávají z CTV procenta vody ve svalech, která tvoří přibližně 40- 50% tukuprosté hmoty.

Normální hodnoty objemu vody v lidském těle:

- Muži: 50 – 60% tělesné hmotnosti
- Ženy: 55 – 65% tělesné hmotnosti
- Nadprůměrně muskulaturní jedinci: 70 – 80% tělesné hmotnosti

Tělesný tuk (BF)

Tělesný tuk tvoří průměrně 6 – 8% celkové tělesné hmotnosti mužů a 14 – 18% hmotnosti žen.¹⁸

Tělesný tuk dělíme na podkožní a útrobní. Zdraví nebezpečný je útrobní tuk, protože zvyšuje hladinu LDL cholesterolu, chová se jako endokrinní žláza, která ovlivňuje metabolismus tuku v těle a zvyšuje chuť na sladké jídlo. Dále způsobuje mnoho vážných zdravotních chorob, jako jsou kardiovaskulární onemocnění, diabetes II. typu a vysoký krevní tlak. Některé přístroje BIA zjišťují i hodnotu tuku útrobního.

2.3 Vyšší nadmořské výšky

Vysokohorský trénink se využívá jako speciální příprava na soutěže, pro kondiční záměry i zdravotní účely. Náročnost klimatických horských podmínek, ekonomického zajištění a částečná rizika dělá tento trénink nestandardní, ale zároveň velmi potřebný pro rozvoj vytrvalostních schopností sportovce.

2.3.1 Dělení nadmořské výšky

Nadmořské výšky se dělí podle Dovalila (1999) takto:

¹⁸ HAVLÍČKOVÁ, Ladislava. *Fyziologie tělesné zátěže I: obecná část*. 2. Vyd. Praha: Nakladatelství Karolinum, 1999. ISBN 80-7184-875-1. s. 138.

- Nízká nadmořská výška 0- 800 m n. m.
- Střední nadmořská výška 800- 1 500 m n. m.
- Vyšší nadmořská výška 1 500- 3 000 m n. m.
- Vysoká nadmořská výška 3 000- 5 800 m n. m.
- Extrémní nadmořská výška 5 800 m n. m. a více

Mnoho autorů se shoduje, že aby došlo k fyziologickým změnám v organismu, musí být dosaženo výšky minimálně 1 300 m. Podle literatury (Jansa, Dovalil a kol., 2009) se pro vysokohorskou přípravu zpravidla využívají výšky do 2 300 m n. m. Adaptační efekt lze pak postupně zvyšovat například používáním kyslíkových stanů nebo pobytem v barokomorách. Výška nad 3 000 m n. m. nemá pro sportovní přípravu velký význam, protože v ní sportovci mají mnoho obtíží a nedá se v ní trénovat. Výška nad 5 800 m n. m. je pak označována jako extrémní. Delší pobyt je v ní skoro nemožný.¹⁹

Hypoxie znamená nedostatek kyslíku ve tkáních. Na ní jsou tréninky ve vysokohorských podmínkách postaveny. Podle Suchého (2014) je dělena na následující čtyři typy:

- hypoxická hypoxie (anoxická hypoxie), při níž je snížen obsah O₂ v krvi, např. při pobytu ve vyšších nadmořských výškách, při snížené alveolární ventilaci anebo poruchách výměny plynů v alveolech
- anemická hypoxie, kdy je arteriální PO₂ normální, ale množství hemoglobinu schopného transportovat O₂ sníženo, například při anemii z nedostatku železa
- ischemická hypoxie, která vzniká při nedostatečném prokrvení například při selhání srdce nebo embolickém uzavření tepny
- cytotoxická hypoxie, kdy toxiny znemožňují využití kyslíku ve tkáních

2.3.2 Fyziologické aspekty vlivu vyšší nadmořské výšky na organismus

Jeden z hlavních důvodů, proč vytrvalostní sportovci tréninkové kempy v horách podstupují, je předpoklad zvýšení počtu červených krvinek, z důvodu hypoxické hypoxie, a tudíž koncentrace hemoglobinu v krvi. To přispívá k lepšímu okysličování svalů a k lepší výkonnosti. Hypoxický trénink však vede i k dalším adaptačním změnám v organismu

¹⁹ SUCHÝ, Jiří. *Trénink ve vyšší nadmořské výšce*. 1. vyd., Praha: Mladá fronta, 2014. ISBN: 978-80-204-3469-2. s. 18, 19.

týkající se srdečně-cévního, hormonálního, či dýchacího systému. Tyto fyziologické změny mají velký vliv na průběh aklimatizace.²⁰

Mohou být rozděleny na změny reaktivní, ty vznikají okamžitě po příjezdu, a na změny adaptační, dlouhodobé.

Reaktivní změny

Vegetativní změny

V prvních hodinách se vegetativní změny projevují jako takzvaná vagotonická fáze. Tepová frekvence se zpomaluje, minutový objem srdeční se snižuje a dýchání se prohlubuje. Tlak na stěny tepen je zvýšen. Sportovci pocítují nevolnost, celkovou slabost, můžou mít dýchací obtíže nebo průjmy. V další fázi reakce nastává všeobecné zrychlení vegetativních funkcí, zejména tachykardie, zvýšení minutového objemu srdečního, zrychlené dýchání, mobilizace krve z krevních zásobáren a vzestup krevního tlaku v hrudníku. Někteří sportovci mohou mít problémy se spánkem. Vegetativní obtíže trvají přibližně jeden týden.²¹

Zvýšení kardiorepirační odezvy

Nižší parciální tlak kyslíku v krvi je vykompenzován zvýšenou tepovou frekvencí a vyšší srdeční odezvou. Suchý (2014) udává, že před nástupem adaptačních změn může být kardiorepirační odezva a tepová frekvence na zatížení střední intenzity o 20- 30% vyšší než u běžné nadmořské výšky. Hyperventilace je vyvolána stimulací periferních chemoreceptorů. Podle literatury se objevuje již několik hodin po příjezdu a během prvního týdne pobytu ve vyšší nadmořské výšce stoupá. Hyperventilace zajišťuje udržení adekvátního parciálního tlaku kyslíku v plicních sklípcích. Při hyperventilaci však dochází ke zvětšenému vylučování oxidu uhličitého, který vede ke vzniku respirační alkalózy, která je kompenzována metabolicky zvýšeným vylučováním bikarbonátu ledvinami. To zapříčiní zvýšení acidózy.

²⁰ HAVLÍČKOVÁ, Ladislava. *Fyziologie tělesné zátěže I: obecná část*. 2., Vyd. Praha: Nakladatelství Karolinum, 1999. ISBN 80-7184-875-1. s. 139.

²¹ SUCHÝ, Jiří. *Trénink ve vyšší nadmořské výšce*. 1. vyd., Praha: Mladá fronta, 2014. ISBN: 978-80-204-3469-2. s. 21-23.

Zvyšuje se tedy koncentrace laktátu v krvi. Úroveň maximální spotřeby kyslíku (VO_{2max}) se snižuje ve výšce 600 m a klesá asi o 2- 4%. V 1 200 m odpovídá pokles 5-10% a od 1 600 m na každých 1 000 m připadá pokles asi o 11% VO_{2max} .²²

Parciální tlak kyslíku v alveolech dále převyšuje hodnotu parciálního tlaku kyslíku v arteriální krvi. Ve vyšší nadmořské výšce se difuzní kapacita plic zvyšuje až při tělesné zátěži. Pokles saturace kyslíkem a vzestup alveolo-arteriální diference jsou před nástupem aklimatizace jedním z nejdůležitějších limitujících faktorů zatěžování ve vyšší nadmořské výšce (Suchý, 2014).

Adaptační změny

V průběhu adaptace organismu na vysokohorské prostředí poklesne klidová srdeční frekvence, sníží se klidový minutový objem srdeční, zvýší se vitální kapacita plic, klesne krevní tlak, ale zvýší se tlak v plicích. Mezi zásadnější změny v organismu po absolvování vysokohorské sportovní přípravy patří nárůst počtu červených krvinek, udržení acidobazické rovnováhy a buněčné změny.

Nárůst počtu červených krvinek

Tkáňová hypoxie ve vysokohorském prostředí stimuluje produkci hormonu erytropoetinu. Tento hormon se tvoří z 90% v ledvinách a z 10% v játrech a způsobuje tvorbu červených krvinek v kostní dřeni. Červené krvinky obsahují krevní barvivo hemoglobin, který váže a uvolňuje kyslík a transportuje oxid uhličitý. Tak se tělo s nedostatkem kyslíku v hypoxickém prostředí vyrovnává. Erytropoetin se začíná tvořit už od první hodiny po příjezdu do hypoxického prostředí. Nejvyšší produkce je změřitelná mezi 10- 30. hodinou. Maximální tvorba červených krvinek probíhá po 8- 10. dnech a zvyšování počtu erytrocytů pokračuje až 6 týdnů. Transportní kapacita krve se může zvýšit až o 28% v porovnání s hodnotami v nížině, Suchý (2014). To značně ovlivňuje VO_{2max} sportovce při přenosu kyslíku ke svalům a tím pádem i celý aerobní výkon.²³

Změny v buněčných funkcích

Na transport a využití kyslíků má podíl také zvýšení počtu kapilár a změnění velikosti buňky. V buňkách kosterního svalu se zvyšuje počet mitochondrií. Hypoxie stimuluje

²² JANSÁ, Petr, Josef DOVALIL a Václav BUNC. *Sportovní příprava: vybrané kinantropologické obory k podpoře aktivního životního stylu*. Rozš. 2. vyd. Praha: Q-art, 2009. ISBN 978-80-903280-9-9. s. 131.

²³ SUCHÝ, Jiří. *Trénink ve vyšší nadmořské výšce*. 1. vyd., Praha: Mladá fronta, 2014. ISBN: 978-80-204-3469-2. s. 25, 26.

tvorbu myoglobinu, který podporuje transport kyslíku z kapilár do mitochondrií a slouží jako rezerva kyslíku. Prostředí s nižším parciálním tlakem ještě zvyšuje energetický metabolismus tuků a to mastných kyselin. To vede k úspoře svalového glykogenu v porovnání s nížinou.²⁴

Adaptace srdečního svalu

V srdečním svalu se zvyšuje počet mitochondrií při zmenšení jejich velikosti. Dále se zlepšuje energetický metabolismus. Zvyšuje se kapacita anaerobního metabolismu i schopnost využití energie. Hypoxie může ale mít i negativní dopad na srdeční sval. Vyšší tlak v plicním řečišti může zapříčinit hypertrofii pravé komory srdeční. Pozitivní adaptační změny například zvýšená odolnost srdečního svalu mají však jen přechodný charakter a přetrvávají jen několik měsíců po návratu.²⁵

Hormony

Při pobytu ve vysokohorském prostředí dochází ke zvýšení koncentrace některých hormonů. Nejvýznamnější je nárůst hormonu ledvin erytropoetinu. Další měřitelný nárůst je zaznamenán u katecholaminů a to adrenalinu a noradrenalinu. Dále stresových hormonů glukokortikoidů a to kortizolu a kortizonu. Dále inzulinu a glukagonu, který se podílí při použití a uchovávání zdrojů energie při fyzických aktivitách. Testosteronu, který zajišťuje proteosyntézu a uplatňuje se při regeneraci a silových částech tréninku. A regeneraci ovlivňující somatotropinu.²⁶

2.3.3 Fyzikální aspekty vlivu vyšší nadmořské výšky

Fyzikálních vnějších faktorů, které ovlivňují aklimatizaci, najdeme velké množství. S rostoucí nadmořskou výškou se snižuje barometrický tlak. S ním klesá i parciální tlak vzduchu, snižuje se teplota vzduchu, vlhkost vzduchu a zvyšuje se záření. Se všemi těmito vlivy se při stavbě tréninkových plánů v horách musí počítat.

Barometrický tlak

²⁴ SUCHÝ, Jiří. *Trénink ve vyšší nadmořské výšce*. 1. vyd., Praha: Mladá fronta, 2014. ISBN: 978-80-204-3469-2. s. 27, 28.

²⁵ SUCHÝ, Jiří. *Trénink ve vyšší nadmořské výšce*. 1. vyd., Praha: Mladá fronta, 2014. ISBN: 978-80-204-3469-2. s. 28, 29.

²⁶ SUCHÝ, Jiří. *Trénink ve vyšší nadmořské výšce*. 1. vyd., Praha: Mladá fronta, 2014. ISBN: 978-80-204-3469-2. s. 29, 30.

Barometrický tlak je síla vytvořená hmotností vzduchu působící kolmo na plochu. Tento tlak klesá přibližně o 8% na 1 000 metrů nadmořské výšky. Parciální tlak kyslíku obsažen v horském vzduchu je tím pádem také nižší a to způsobuje snížený přísun kyslíku do svalů a ostatních tkání organismu. Na úrovni moře je barometrický tlak 760 mm Hg a parciální tlak kyslíku je 159 mm Hg. Z toho plyne, že ve výšce kolem 2 000 m n. m. se barometrický tlak sníží přibližně na 643 mm Hg a parciální tlak kyslíku se sníží na 134 mm Hg.²⁷ Procenta složek vzduchu se však s nadmořskou výškou nemění. V nadýchaném vzduchu by mělo být ve všech případech 79,04% dusíku, 20,93% kyslíku a 0,03% oxidu uhličitého.

Atmosférická teplota

Teplota vzduchu klesá přibližně o 1°C na každých 150 m. Tento pokles ovlivňuje mnoho dalších faktorů jako je rychlost větru, denní a sezonní změny teplot a zeměpisná poloha.²⁸

Vlhkost vzduchu

Z důvodu sníženého tlaku vodních par a studeného horského vzduchu se vlhkost také snižuje. Suchý vzduch způsobuje zvýšený výdej vody sliznicí průdušek, protože vdechovaný vzduch musí být zvlhčován. Proto se doporučuje, aby sportovec během vysokohorského soustředění přijal asi o 1 litr vody denně navíc.²⁹

Záření

Sluneční záření se v horách také zvyšuje. Tenká vrstva atmosférického tlaku absorbuje méně slunečního záření, a tak ultrafialové záření se zvyšuje o 20- 30% na každých 1 000 m výšky. Toto záření má mnoho negativních účinků hlavně na kůži a na oči sportovců.³⁰

2.3.4 Aklimatizace a její fáze

²⁷ SUCHÝ, Jiří. *Trénink ve vyšší nadmořské výšce*. 1. vyd., Praha: Mladá fronta, 2014. ISBN: 978-80-204-3469-2. s. 17.

²⁸ SUCHÝ, Jiří. *Trénink ve vyšší nadmořské výšce*. 1. vyd., Praha: Mladá fronta, 2014. ISBN: 978-80-204-3469-2. s. 17, 18.

²⁹ SUCHÝ, Jiří. *Trénink ve vyšší nadmořské výšce*. 1. vyd., Praha: Mladá fronta, 2014, ISBN: 978-80-204-3469-2.s. 18.

³⁰ SUCHÝ, Jiří. *Trénink ve vyšší nadmořské výšce*. 1. vyd., Praha: Mladá fronta, 2014, ISBN: 978-80-204-3469-2.s. 18.

Aklimatizace na vyšší nadmořskou výšku je podle Dovalila a kol. (2008) „*přizpůsobení na pohybovou činnost na soutěže v nadmořské výšce nad 1 500 m nad mořem (m. n. m.) a výše*“. Je to postupný proces přizpůsobení organismu na vyšší nadmořskou výšku a na denní tréninkové zátěže v prostředí s nižším tlakem vzduchu.

Organismus sportovce reaguje na snížený parciální tlak vzduchu různými kompenzačními a adaptačními pochody. Doba a průběh aklimatizace jako i snášenlivost nižšího parciálního tlaku vzduchu jsou u jednotlivých sportovců rozdílné. Suchý (2014) udává, že doba na celkovou aklimatizaci organismu je tři týdny. Aklimatizační procesy během ní se většinou dělí do tří fází. Fáze akomodace, fáze adaptace a fáze aklimatizace.

Fáze akomodace

Tato fáze je typická příjezdovou reakcí organismu na hypoxickou zátěž. Trvá většinou tři až osm dnů a výkonnost sportovce znatelně klesá. Toto období zpravidla doprovázejí pocity únavy, bolesti hlavy, nespavost a zažívací problémy. Podle Suchého (2014) v prvním až pátém dni dochází ke zrychlení dechové frekvence, zvýšení tepové frekvence a jiným adaptačním odpovědím. Druhý den po příjezdu se dostavuje jedna ze tří krizí. Ta je pak vystřídána dobrou náladou, která přichází kolem třetího až čtvrtého dne pobytu. V této fázi se doporučuje trénovat v aerobním režimu metabolismu. Jsou zařazované volné běhy, dlouhé procházky nebo jiné cyklické nenáročné pohybové aktivity.

Fáze adaptace

V této fázi se výkonnost postupně zvyšuje. Trvá přibližně pět až osm dní. Během ní probíhají charakteristické změny v organismu a specifické reakce na zátěž. Sportovci již mohou začít s postupným zvyšováním intenzity zátěže. Trénují v aerobním a aero-anaerobním metabolickým režimu. Během tohoto období se dostavují pocity euforie a optimismu. To je však jen krátkodobý stav. V devátém dni po příjezdu nastává druhá subjektivní krize, která přetrvává až do třináctého dne pobytu.

Fáze aklimatizace

Je poslední aklimatizační fází. Začíná přibližně šestnáctým dnem pobytu a je typická celkovým přizpůsobením organismu na hypoxické prostředí. V patnáctém dni po příjezdu nastává třetí krize, která může celkovou výkonnost ještě po nějakou dobu snižovat. Po

odeznění se však dostavuje plná výkonnost srovnatelná s výkonností v nížině. S celkovou adaptací na výšku se tedy počítá přibližně až čtvrtý týden po příjezdu.

2.3.5 Stavba tréninku ve vyšší nadmořské výšce

Dobře naplánovaný trénink ve vyšší nadmořské výšce přináší většinou zlepšení výkonů po návratu do nížiny. Trénink v hypobarickém prostředí je způsob, jak zlepšit úroveň trénovanosti až o 5,2% (Bonetti a Hopkins, 2009 cit. podle Suchého, 2014, s. 8). Je potřeba ovšem respektovat jeho specifické stránky, protože v opačném případě může vést k poklesu výkonnosti.

Při sestavování tréninkového plánu ve vyšší nadmořské výšce je důležité klást důraz na regeneraci, především pak v kritických dnech. Doporučená délka pobytu se běžně udává 21 dní, ale někteří autoři (Chrástková a Suchý 2011, Suchý a kol. 2009) trvají i na kratších 10- 12. denních pobytech.

V prvním týdnu pobytu se zařazují výhradně aerobní aktivity se sníženou intenzitou do cca 75% VO_{2max} . a podle reakcí organismu do 60% objemu zatížení z nížiny. Bývají zařazovány maximálně dvě tréninkové fáze denně. Ve třetím dni se dostavuje první krize, proto tento den by měl být volnější.

Ve druhém týdnu soustředění se většinou začíná s tréninkem v náročnějším aerobním režimu. Používají se souvislé způsoby rozvoje vytrvalosti jako je “fartlek“ nebo střídavé metody. Pro udržení rychlostních schopností se v menší míře do tréninku začleňují ATP-CP zatížení a ke konci tréninky v anaerobně laktátovém energetickém krytí. V této fázi se musí důkladně kontrolovat intenzita, aby nedošlo k přetrénování. Kolem devátého dne se musí opět brát ohled na možnou přicházející aklimatizační krizi, a proto intenzitu zatížení snížit.

Ve třetím týdnu se trénuje podobně jak v nížině. Tréninky mohou být v závodní intenzitě, ale s delšími odpočinky. Zatížení bývá aerobně-anaerobní a anaerobní, tato fáze se často zakončuje tréninkovým testem. Kolem patnáctého dne ve třetím kritickém období se opět doporučuje ubrat na zátěži.³¹

2.3.6 Kontrola a průběh aklimatizace na vyšší nadmořskou výšku

³¹ SUCHÝ, Jiří. *Trénink ve vyšší nadmořské výšce*. 1. vyd., Praha: Mladá fronta, 2014, s. ISBN: 978-80-204-3469-2. s. 49,50.

Aby byl pobyt v horách přínosný, je potřeba průběh aklimatizace pozorně sledovat. Během soustředění je velice důležité věnovat se objektivnímu hodnocení průběhu aklimatizace i pocitům svěřenců. Mezi objektivní hodnocení patří funkční nebo motorické testy měřené v modelových situacích. Nejlepší je objektivní i subjektivní- pocitové- hodnocení kombinovat.

Z motorických testů lze využít ty, které jsou spojeny s projevy kondičně náročnou aktivitou a ty, které se vztahují ke zrychlení. Vhodné jsou také fartlekové běhy kontrolované sport testerem. Po příjezdu do hor jsou změny tepové frekvence pomalejší oproti tréninkům v nížině a postupně s vyšší mírou adaptace se změny urychlují.

Mezi ukazatele, které lze využít a které se s nadmořskou výškou v organismu mění, patří rozborů krve, měření tepové frekvence a hodnocení celkového množství tělesné vody.

Při odebírání vzorků krve se vyhodnocuje hlavně množství oxyhemoglobinu, hladina železa, saturace kyslíkem, laktát a pH. Toto biochemické sledování je v horách důležité a podává přesné údaje o průběhu aklimatizace sportovce. Technicky je však velmi náročné.

Hodnocení tepové frekvence je jedním z funkčních ukazatelů. Je finančně nenáročným a směrodatným ukazatelem.

Hodnocení celkového množství vody je jednou z biochemických metod, která je považována za bezpečnou a v terénu dobře využitelnou. V kapitole o Tělesném složení a celkové tělesné vodě se metodě bioelektrická impedanční analýza více věnuje. Je to metoda, kterou můžeme vyhodnocovat množství vody v těle a přizpůsobovat podle výsledků tréninkové plány.

3 PRAKTICKÁ ČÁST

C1

Cílem této práce bylo zjistit, zda lze sledováním změn celkové tělesné vody indikovat průběh aklimatizace ve vyšší nadmořské výšce, a tím přispět k efektivnějšímu vytrvalostnímu tréninku.

Problémové otázky

1. Lze sledováním změn tělesné vody při výcvikových táborech ve vyšších nadmořských výškách posoudit průběh aklimatizace?
2. Kolikátý den výcvikového tábora ve vyšší nadmořské výšce dochází k retenčnímu vrcholu obsahu vody v těle?
3. Je zvolená metoda bioelektrické impedanční analýzy přenosné chytré osobní váhy pro indikaci aklimatizace ve vyšší nadmořské výšce vhodná?

Hypotézy

H1: Předpokládám, že sledováním změn celkové tělesné vody (CTV) při výcvikových táborech ve vyšších nadmořských výškách, lze posoudit průběh aklimatizace.

H2: Domnívám se, že devátý až třináctý den tréninkového výcvikového kempu ve vyšší nadmořské výšce dochází k retenčnímu vrcholu obsahu celkové tělesné vody.

H3: Metoda bioelektrické impedanční analýzy přenosné chytré osobní váhy by mohla být vhodná pro vyhodnocování aklimatizace na vyšší nadmořskou výšku.

3.1 Metody a postup práce

Pro praktickou část byly měřeny hodnoty tělesné vody v období od 19. 10. 2015 do 1. 11. 2015 každé ráno mezi 7.- 8. hodinou. Pro měření se používala přenosná chytrá osobní váha Omron BF511-B. Metodou měření byla bioelektrická impedanční analýza.

Popis přístroje Omron BF511-B:

Certifikovaný tukoměr s lékařskou váhou

Velmi přesné měření pomocí 8 senzorů umístěných na rukojetích a na váze

Váží tělesnou hmotnost (0,0- 150,0 kg) po 0,1 kg

Bio-impedanční metodou vyhodnocuje

- Množství tělesného tuku v těle v % (5,0 - 60 %) po 0,1%
- Množství viscerálního tuku v těle
- Množství kosterní svaloviny v % (5,0 - 50 %) po 0,1%

Vypočítává hodnotu klidového metabolismu v kcal (385- 3999) po 1 kcal

Vypočítává BMI (7,0- 90,0) po 0,1

Má paměť na vstupní údaje pro 4 osoby + režim Host

Vstupní údaje jsou- věk, výška, pohlaví

Přesnost měření- tělesná hmotnost 0,0- 40,0 kg +/- 400 g, 40,1- 135,0 kg +/- 1%

Přesnost měření- tělesný tuk +/- 3,5%

Přesnost měření- kosterní svalovina +/- 3,5%

Přesnost měření- viscerální tuk 3 úrovně, vypočítán z celkového BMI

Hmotnost přístroje s baterií cca 2200 g

Rozměr přístroje: základní jednotka cca 303 (Š) x 55 (V) x 327 mm (H), rukojeť 300 (Š) x 35 (V) x 147 mm (H)

Klasifikace dle evropské směrnice pro zdravotní prostředky 93/42/EEC - třída I s měřicí funkcí

zdroj: OMRON BF511 český návod.pdf

Pro získávání dat jsem používala arch, kam jsem výsledky zaznamenávala. K napsání práce mi sloužily tréninkové deníky sledovaných, odborné publikace a konzultace s odborníky v oboru vysokohorského tréninku a měření tělesného složení. Ke zpracování zkoumaných údajů jsem použila metody porovnávání, základní statistiku a logické postupy.

3.1.1 Analýza tréninkových plánů

Tréninkové plány byly vedeny každým jednotlivcem z výzkumného souboru. Probandi A, B, C měli stejné tréninkové plány a probandi C, D také stejné plány. Byl zapisován počet tréninkových fází a jejich obsah. Tento obsah byl převáděn na číselné hodnoty naběhaných kilometrů a metrů a byla z nich vypočítána procenta zón intenzit zatížení. V

případě zařazené tréninkové jednotky v posilovně, byl den rozdělen na čtvrtiny a posilovna byla zapsána jako anaerobní část denního tréninkového cyklu.

3.1.2 Statistické zpracování dat

V práci jsem použila třídění dat, metody porovnávání, základní statistiku, logické postupy, excelové tabulky a grafy.

3.1.3 Výzkumný soubor

Výzkumný soubor se skládal z pěti výkonnostních sportovců ve věku od 17- 23 let. Měření se účastnila 1 žena a 4 muži viz tabulka níže.

Tabulka č.1 – Charakteristika jednotlivých probandů

	Pohlaví	Věk (roky)	Výška (cm)	Aktivní sport (roky)
Proband A	Muž	17	175	4
Proband B	Muž	17	178	3
Proband C	Muž	17	178	4
Proband D	Muž	21	184	5
Proband E	Žena	23	164	6

zdroj: vlastní zpracování

3.2 Popis experimentu

Pro praktickou část byly naměřeny hodnoty tělesného složení pěti probandů. Pro měření CTV se používal přístroj Omron BF511- B. Měření probíhalo vždy mezi 7. - 8. hodinou ranní nalačno.

Probandi absolvovali intervenční tréninkový kemp ve vysokohorském prostředí ve středním stupni hypoxie 1 346 m n. m.

Všichni zúčastnění sportovci se podrobili dvoutýdennímu soustředění. Pohybovali se ve stejných klimatických podmínkách, stravovali se ve stejném zařízení, měli podobný denní režim a odlišné tréninkové plány. K měření byla používána totožná osobní váha.

4 VÝSLEDKY

Probandi A, B, C během třinácti dnů tréninkového soustředění absolvovali dvacet čtyři tréninkových jednotek. Tréninky se skládaly převážně z dlouhých vytrvalostních běhů a túr do hor. Rychlost a síla byla udržována běháním rovinek (krátkých sprintů) a posilováním. Dlouhé běhy a túry byly realizovány v nízké intenzitě v aerobním O₂ systému energetického krytí a rovinky s posilováním v maximální intenzitě v anaerobním alaktátovém ATP-CP systému energetického krytí. První náročný trénink (viz příloha) probandi A, B, C podstoupili 26.10, kdy do tréninkového plánu byl zařazen trénink 4 x 2 km + 2 x 1 km. Tento trénink střední intenzity v aero-anaerobním krytí hrazen O₂-LA systémem, byl podle zúčastněných jeden z nejnáročnějších. Druhý náročný trénink proběhl dne 29.10. Tento náročný trénink hrazen také převážně aero-anaerobním systémem se skládal z 8 x 1 km dlouhých úseků. Druhý laktátový trénink nebyl pro sportovce pocitově tolik namáhavý.

Během soustředění jsem zaznamenávala všechny výsledky měření chytré přenosné osobní váhy jednotlivých sportovců.

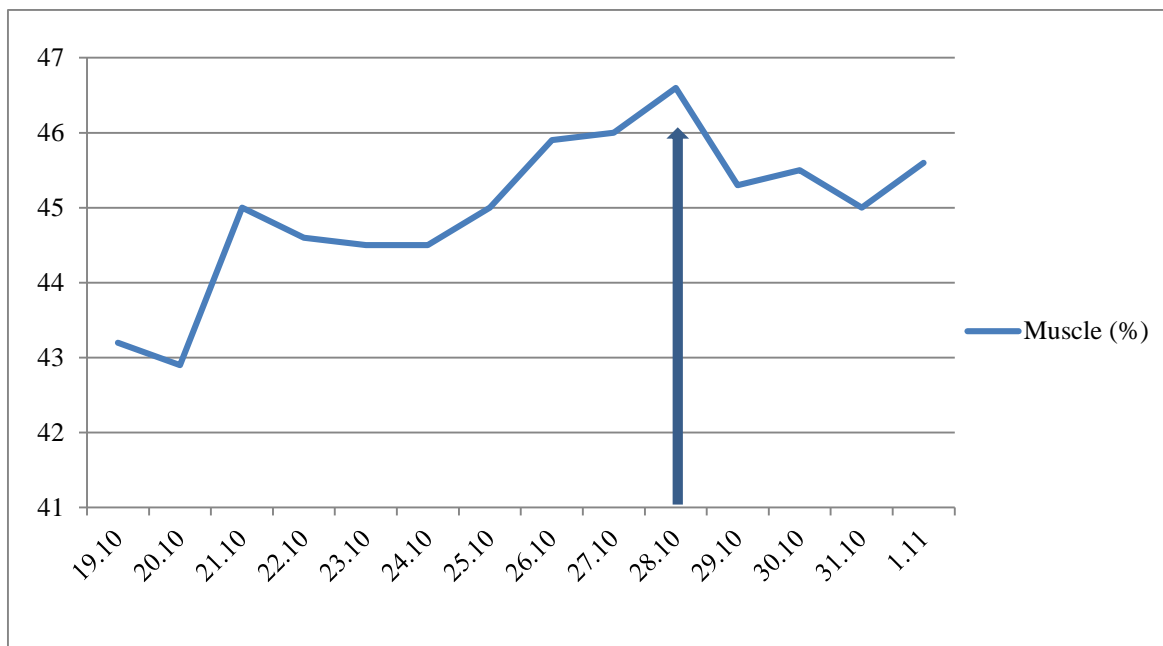
Proband A

Tabulka č. 2 - *Změny tělesného složení v průběhu VT Štrbské pleso. Proband A*

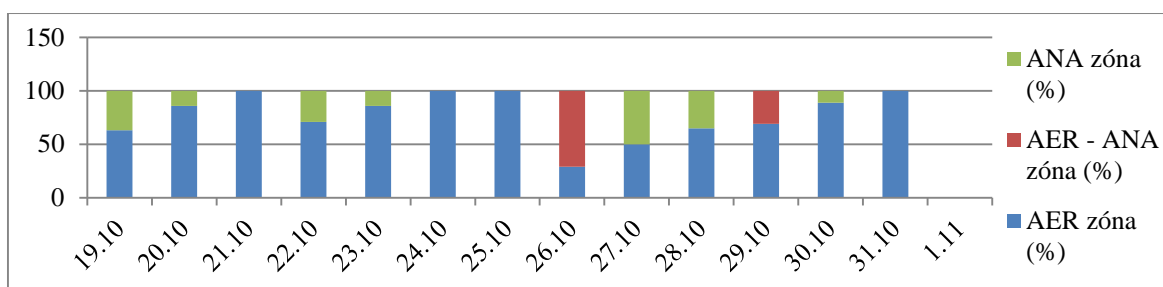
Proband A	19.10	20.10	21.10	22.10	23.10	24.10	25.10	26.10	27.10	28.10	29.10	30.10	31.1	1.11
Muscle (%)	43,2	42,9	45,0	44,6	44,5	44,5	45,0	45,9	46,0	46,6	45,3	45,5	45,0	45,6
Weight (kg)	67,6	66,8	66,7	65,6	66,1	65,8	66,3	66,0	66,5	66,8	66,0	66,1	66,4	67,0
BMI	22,1	21,8	21,7	21,4	21,6	21,5	21,6	21,6	21,7	21,8	21,6	21,6	21,7	21,9
Body fat (%)	13,8	15,0	11,0	11,8	12,1	12,2	13,0	11,6	11,5	10,5	12,6	12,2	13,1	12,1
RM (Kcal)	1 683	1 669	1 678	1 660	1 667	1 662	1 629	1 628	1 636	1 643	1 626	1 628	1 631	1 643
Visceral Fat (%)	2	1	2	2	2	3	4	3	3	4	3	3	4	4

zdroj: vlastní zpracování

Nejdůležitější evidovanou hodnotou bylo pro studii množství celkové tělesné vody přepočítané na procento svaloviny (Muscle). První výraznější nárůst CTV byl probandovi A zaznamenán den třetí- 21.10- 45%, pak množství CTV klesalo a následovně stoupalo. Sedmý den, 25.10, bylo množství CTV vyrovnáno na 45% a den desátý 28.10 dosáhlo vrcholu- 46,6%. Celkový nárůst za 13 odtrénovaných dnů byl 2,4% CTV. To ukázalo na neúplnou aklimatizaci. Jak lze vidět v tabulce, sledovanému se za běžecký kemp tělesná váha snížila o 0,6 kg. Jeho BMI kleslo o 0,3. Procento tělesného tuku se snížilo o 1,7%. Bazální metabolismus klesl o 40 kcal. Útrobní tuk se zvýšil o hodnotu 2.



Graf č. 1- Změny CTV v průběhu VT Štrbské pleso. Proband A



Graf č. 2- Zóny intenzit zatížení v průběhu VT Štrbské pleso. Proband A

Křivka množství celkové tělesné vody v grafu číslo 1 dosáhla prvního vrcholu den třetí, 21.10, od příjezdu, což potvrdilo první aklimatizační krizi. Maximální vrchol byl zaznamenán den desátý, 28.10, to mohlo být projevem druhé aklimatizační krize. Retenční vrchol tělesné vody byl z části ovlivněn prvním náročným laktátovým tréninkem vyznačeným červeně v grafu č. 2 ze dne 26.10. Jak je v grafech č. 1 a č. 2 vidět, druhý náročný trénink ze dne 29.10 již proband zvládl bez problémů a jeho tělesná voda do konce soustředění spíše klesala. Retenční vrchol tělesné vody je v grafu č. 1 naznačen šipkou.

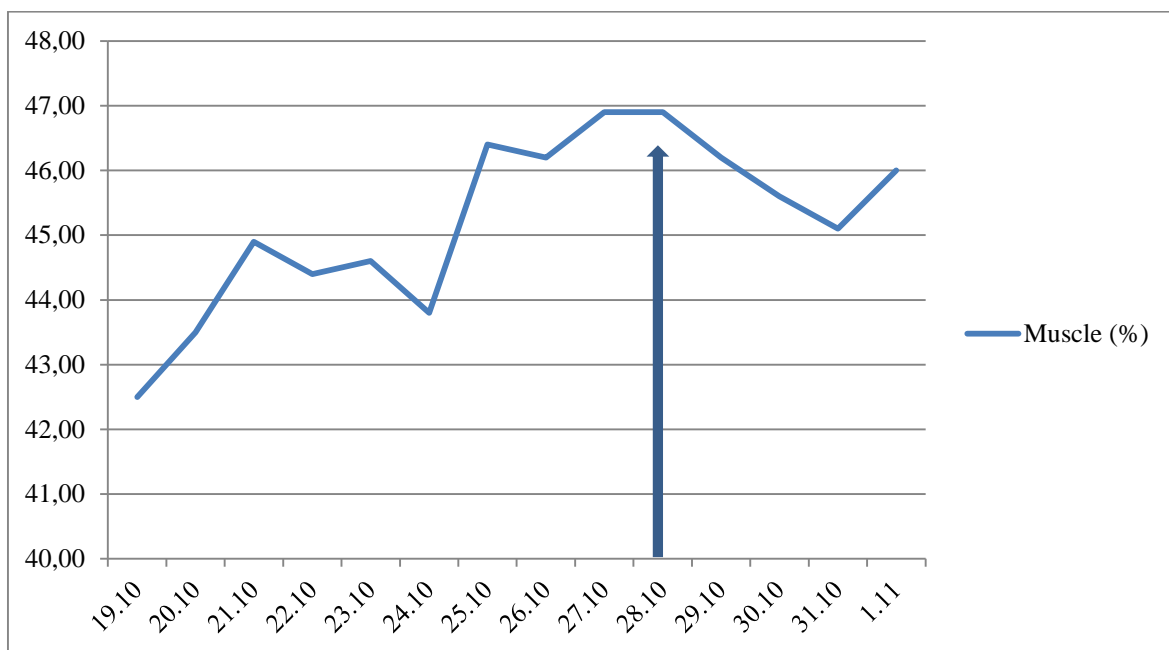
Proband B

Tabulka č. 3- Změny tělesného složení v průběhu VT Štrbské pleso. Proband B

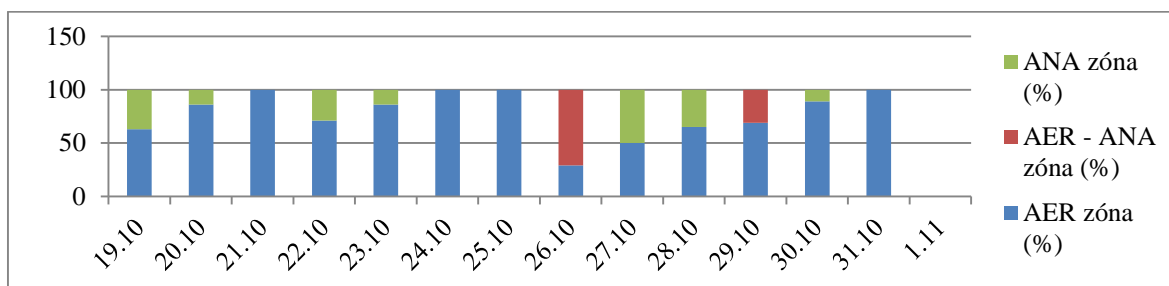
Proband B	19.10	20.10	21.10	22.10	23.10	24.10	25.10	26.10	27.10	28.10	29.10	30.10	31.10	1.11
Muscle (%)	42,5	43,5	44,9	44,4	44,6	43,8	46,4	46,2	46,9	46,9	46,2	45,6	45,1	46,0
Weight (kg)	69,9	70,8	69,8	70,2	69,9	69,6	70,5	69,9	69,3	70,6	68,6	69,7	69,2	69,1
BMI	21,1	22,3	22,0	22,2	22,1	22,2	23,3	22,1	21,9	22,3	21,7	22,0	21,8	21,8
Body fat (%)	14,4	11,4	8,1	9,2	8,8	10,6	10,2	10,7	9,3	9,4	10,5	11,7	12,4	11,0
RM (Kcal)	1 753	1 773	1 767	1 770	1 767	1 757	1 689	1 680	1 674	1 692	1 661	1 676	1 667	1 668
VisceralFat (%)	2	2	4	3	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3

zdroj: vlastní zpracování

Probandovi B se CTV přepočítaná na procento vody ve svalovině za tréninkový kemp zvýšila o 3,5%, takže proband nebyl zcela aklimatizovaný na vyšší nadmořskou výšku. Den třetí, 21.10, jeho tělesná voda dosáhla prvního vrcholu 44,9%, pak voda klesala a znovu stoupala. Maximální vrchol byl zaznamenán ve dni devátém a desátém, 27.10 a 28.10, kdy probandovi stoupla voda na 46,9%. Jeho váha se snížila o 0,8 kg a jeho BMI se snížilo o 0,7. Tělesný tuk klesl o 3,4% a bazální metabolismus se snížil o 85. Viscerální tuk se zvýšil o hodnotu 1.



Graf č. 3- Změny CTV v průběhu VT Štrbské pleso. Proband B



Graf č. 4- Zóny intenzit zatížení v průběhu VT Štrbské pleso. Proband B

Graf č. 3 změn CTV probanda B ukazuje změny procent obsahu vody ve svalovině a naznačuje průběh aklimatizace. První retenční vrchol tělesné vody byl zaznamenán třetí den tréninkového kempu, 21.10, v období první aklimatizační krize. Pak křivka grafu klesala a znovu stoupala. Druhý vrchol nastal den sedmý, 25.10 a také v období druhé aklimatizační krize ve dni devátém, 27.10, a desátém, 28.10, kdy křivka dosáhla svého maxima. Maximum retence vody v těle je naznačeno v grafu šipkou. Zóny intenzit zatížení jsou znázorněny v grafu č. 4. Náročný aero-anaerobní trénink ze dne 26.10 pravděpodobně přispěl k retenčnímu maximu tělesné vody v desátém dni.

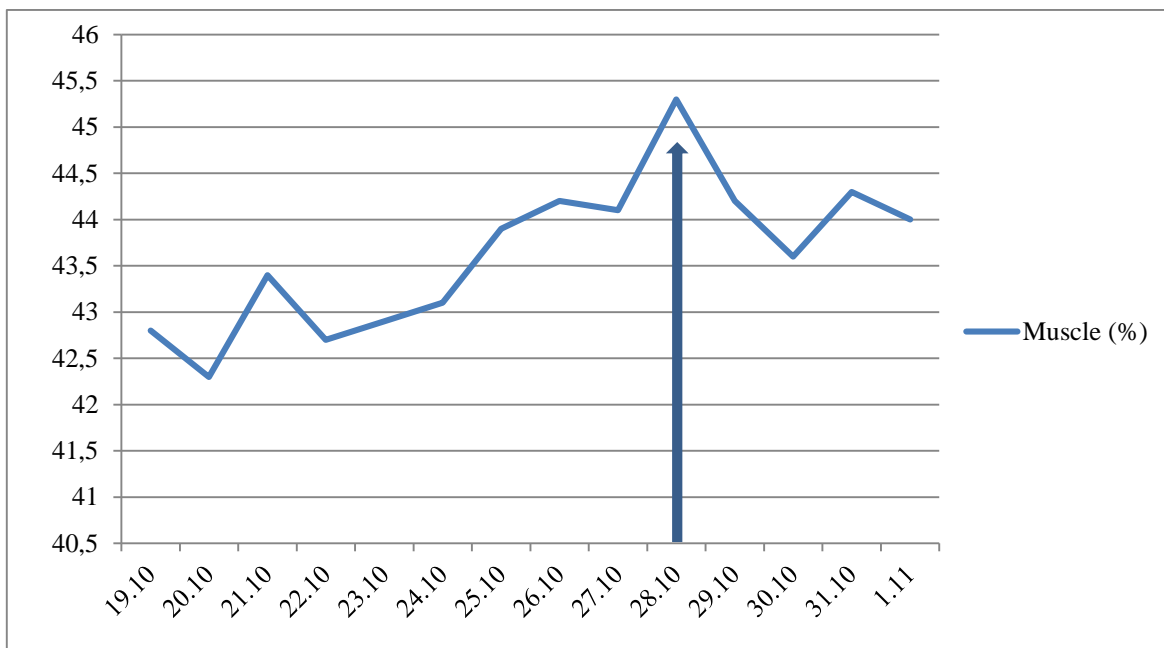
Proband C

Tabulka č. 4- Změny tělesného složení v průběhu VT Štrbské pleso. Proband C

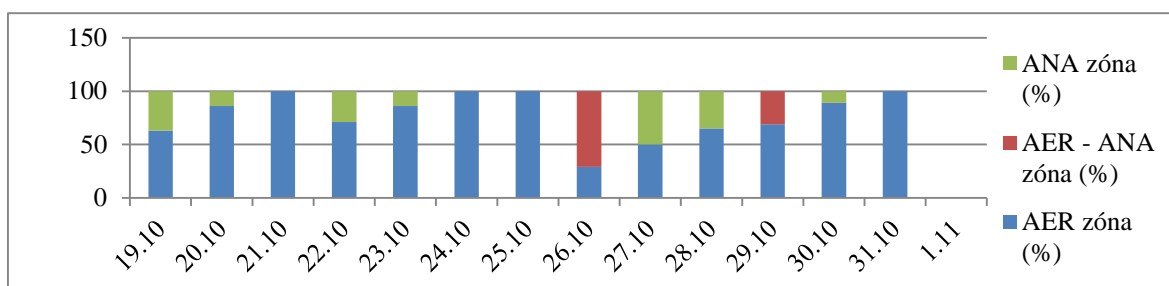
Proband C	19.10	20.10	21.10	22.10	23.10	24.10	25.10	26.10	27.10	28.10	29.10	30.10	31.10	1.11
Muscle (%)	42,8	42,3	43,4	42,7	42,9	43,1	43,9	44,2	44,1	45,3	44,2	43,6	44,3	44,0
Weight (kg)	70,6	71,0	70,0	71,2	71,7	69,6	70,2	69,3	69,7	70,7	69,4	70,1	70,1	69,4
BMI	20,9	20,7	20,7	21,3	21,2	20,6	20,7	20,5	20,6	20,9	20,5	20,7	20,5	20,5
Body fat (%)	13,9	14,6	12,9	14,3	13,8	13,3	13,1	12,6	12,8	10,9	12,6	13,6	12,6	12,9
RM (Kcal)	1 711	1 712	1 705	1 721	1 729	1 698	1 662	1 649	1 655	1 676	1 651	1 659	1 662	1 650
Visceral Fat (%)	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2

zdroj: vlastní zpracování

CTV přepočítaná na množství vody ve svalovině se zvýšila probandovi C o 1,2%, takže nebyl zcela aklimatizovaný. V den třetí, 21.10, hodnota Muscle (%) dosáhla prvního vrcholu 43,7. Maximální vrchol nastal desátý den, 28.10, kdy bylo neměřeno 45,3%. Váha probanda C klesla o 1,2 kg a BMI se snížilo o 0,4. Množství tělesného tuku kleslo o 1% a bazální metabolismus o 61 kcal. Množství viscerálního tuku kleslo o 1 jednotku.



Graf č. 5 - Změny CTV v průběhu VT Štrbské pleso. Proband C



Graf č. 6- Zóny intenzit zatížení v průběhu VT Štrbské pleso. Proband C

V grafu č. 5 změn CTV v průběhu VT probanda C můžeme vidět trend křivky množství tělesné vody. Prvního vrcholu křivka dosáhla třetí den, 21.10, od příjezdu v den předpokládané první aklimatizační krize a pak v den desátý, 28.10, v období druhé aklimatizační krize, kdy bylo dosaženo retenčního maxima. Poslední nárůst byl zaznamenán ve dni třináctém, 31.10. V grafu je opět maximum vody v těle naznačeno modrou šipkou. Zóny intenzit zatížení jsou znázorněny v grafu č. 6.

Probandi D a E měli jiný tréninkový plán než probandi A, B a C. Během třinácti dnů podstoupili dvacet jedna tréninkových jednotek. Většina tréninků bylo absolvováno v nízké intenzitě v aerobním O₂ systému energetického krytí nebo v maximální intenzitě anaerobního-alaktátového ATP-CP systému energetického krytí. Náročnější tréninky střední intenzity v aero-anaerobním O₂-LA systému energetického krytí byly absolvovány

20.10 a 25.10, čili druhý a sedmý den tréninku. Šlo o stupňované běhy na 8,8 km. Stěžejní nejnáročnější tréninky absolvované převážně v aero-anaerobním systému energetického krytí proběhly 22.10, 26.10, 28.10 a 29.10. Tedy čtvrtý, osmý, desátý a jedenáctý den. Běžci běhali 3 x 2,2 km, 6 x 1 km, 5 x 2,2 km a 4 x 2,2 km tréninky. Tyto tréninky značně ovlivnily nárůst vody v těle.

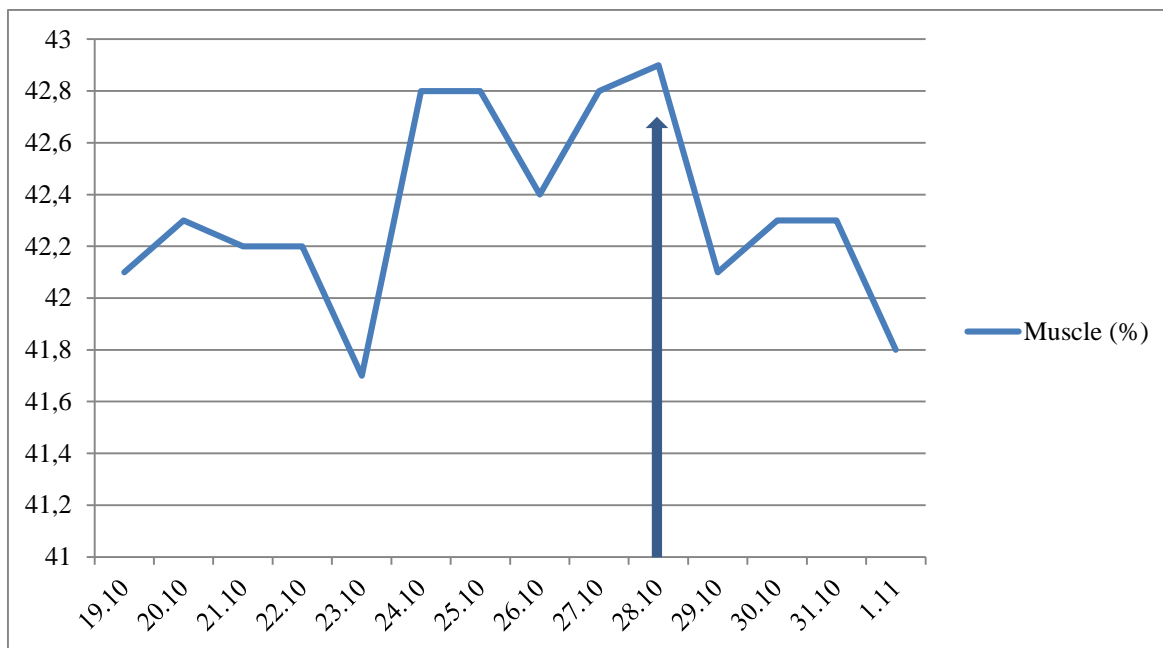
Proband D

Tabulka č. 5- Změny tělesného složení v průběhu VT Štrbské pleso. Proband D

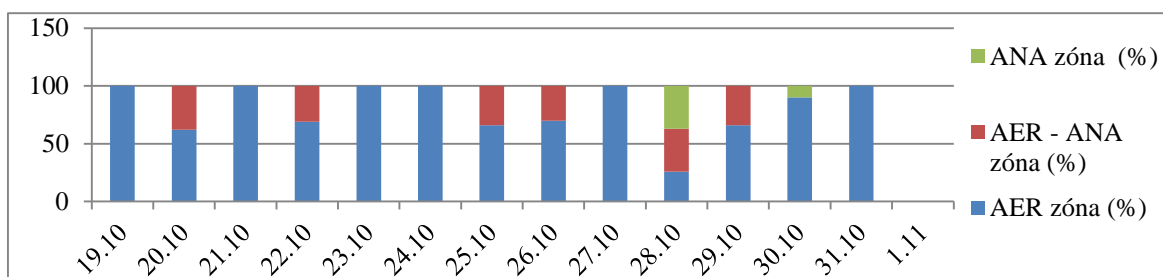
Proband D	19.10	20.10	21.10	22.10	23.10	24.10	25.10	26.10	27.10	28.10	29.10	30.10	31.10	1.11
Muscle (%)	42,1	42,3	42,2	42,2	41,7	42,8	42,8	42,4	42,8	42,9	42,1	42,3	42,3	41,8
Weight (Kg)	74,5	72,3	72,7	72,5	73,1	72,6	72,2	72,3	73,1	73,5	72,7	73,0	73,2	73,2
BMI	22,0	21,4	21,5	21,4	21,6	21,4	21,3	21,4	21,6	21,7	21,5	21,7	21,6	21,6
Body fat (%)	15,9	15,4	15,6	15,6	16,4	14,6	14,5	15,1	14,7	14,6	15,7	15,5	15,5	16,2
RM (Kcal)	1 712	1 679	1 685	1 681	1 688	1 686	1 680	1 680	1 694	1 701	1 684	1 698	1 690	1 690
Visceral Fat (%)	4	3	3	3	3	3	3	5	3	3	5	3	3	3

zdroj: vlastní zpracování

U probanda D byl zaznamenán pokles celkové tělesné vody v procentech svaloviny. Číslo rozdílů činilo 0,3. To ukázalo na dobrý průběh aklimatizace. Ve dni šestém, 24.10, a sedmém, 25.10, sledovanému bylo naměřeno 42,8% tělesné vody ve svalovině a v den desátý, 28.10,- 42,9%. Desátého dne bylo tedy dosaženo maxima retence tělesné vody. Tělesná váha sledovaného klesla o 1,3 kg a BMI se snížilo o 0,4. Procento tělesného tuku se překvapivě zvýšilo o 0,3 a bazální metabolismus klesl o 22 kcal. Hodnota viscerálního tuku klesla ze 4 na 3 o 1 jednotku.



Graf č. 7- Změny CTV v průběhu VT Štrbské pleso. Proband D



Graf č. 8- Zóny intenzit zatížení v průběhu VT Štrbské pleso. Proband D

V grafu je vidět průběh změn tělesné vody během soustředění. Největší nárůst tělesné vody byl zaznamenán ve dnech 24.10 a 25.10, tedy den šestý a sedmý. Pak tělesná voda klesala. K retenčnímu vrcholu došlo 18.10, tedy desátý den. Ten je znovu v grafu naznačen modrou šipkou.

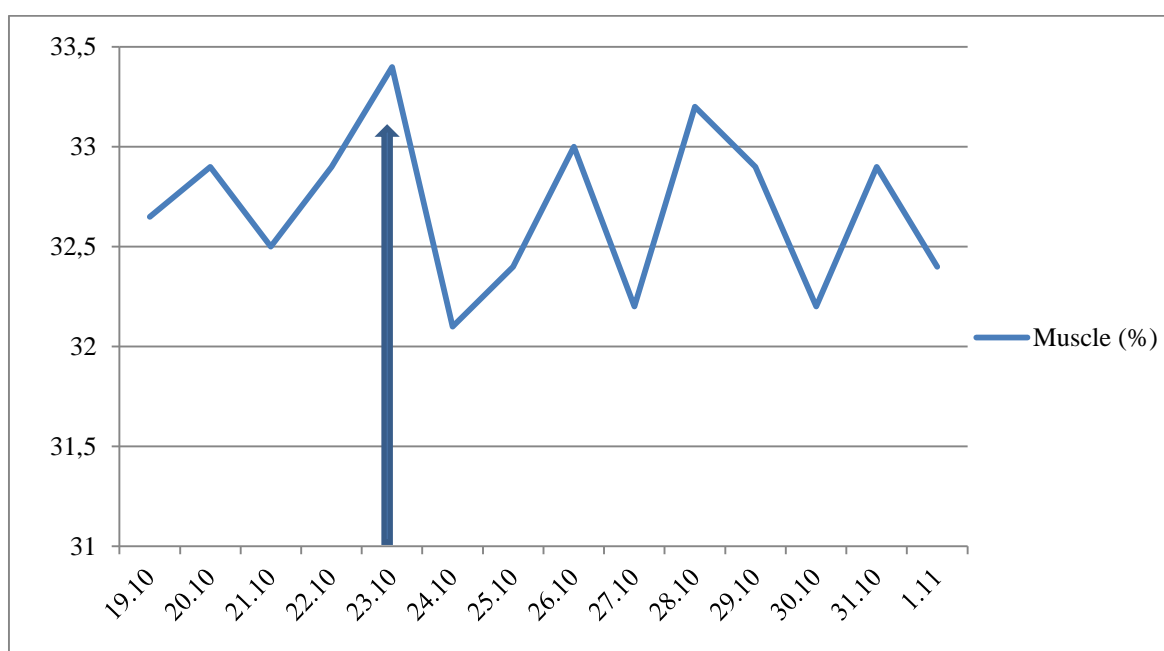
Proband E

Tabulka č. 6- Změny tělesného složení v průběhu VT Štrbské pleso. Proband E

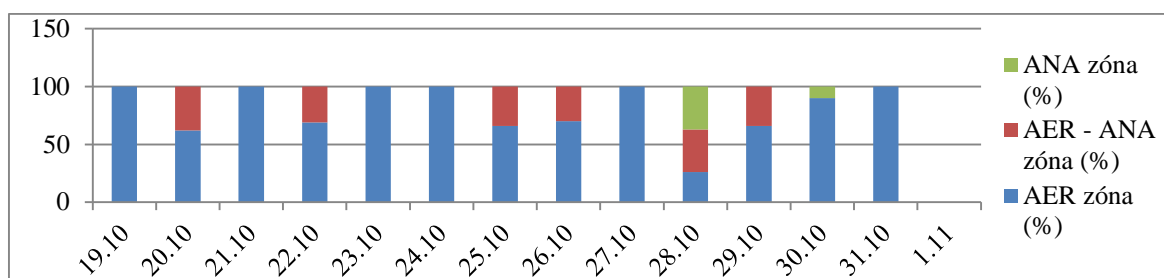
Proband E	19.10	20.10	21.10	22.10	23.10	24.10	25.10	26.10	27.10	28.10	29.10	30.10	31.10	1.11
Muscle (%)	32,7	32,9	32,5	32,9	33,4	32,1	32,4	33,0	32,2	33,2	32,9	32,2	32,9	32,4
Weight (kg)	50,5	50,3	50,2	50,4	50,4	50,2	50,5	50,2	50,5	50,6	50,3	49,8	50,2	49,9
BMI	18,9	18,8	18,8	18,9	18,9	28,8	18,9	18,8	18,9	18,9	18,8	18,6	18,8	18,7
Body fat (%)	21,7	21,2	21,6	21,1	20,6	22,1	22,0	21,0	22,1	21,0	21,2	21,6	21,1	21,5
RM (Kcal)	1 214	1 212	1 211	1 213	1 214	1 210	1 213	1 211	1 213	1 215	1 212	1 207	1 211	1 228
Visceral Fat (%)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2

zdroj: vlastní zpracování

U jediné ženy, probanda E, byly hodnoty CTV velmi proměnlivé. Jedním z důvodů kolísavého průběhu změn tělesné vody byl hormonální rozvrat. Voda přepočítaná na procento svaloviny klesla o 0,25%, což ukázalo na dobrý průběh aklimatizace. Nejvyšší nárůst tělesné vody byl zaznamenán den pátý, 23.10,- 33,4%. Druhý nejvyšší vrchol den desátý, 28. 10,- 33,2% a třetí v pořadí nejvyšší vrchol den osmý, 26.10, 33%. Tělesná váha klesla o 0,6 kg. BMI se snížilo o 0,2. Tělesný tuk klesl o 0,2% a bazální metabolismus stoupl o 12 kcal. Viscerální tuk se za tréninkový kemp nijak nezměnil.



Graf č. 9- Změny CTV v průběhu VT Štrbské pleso. Proband E



Graf č. 10- Zóny intenzit zatížení v průběhu VT Štrbské pleso. Proband E

V grafu číslo 5 můžeme vidět, jak se množství tělesné vody v průběhu soustředění sledované měnilo. Maximální vrchol obsahu CTV přišel pátý den soustředění, 23.10. Ten

mohl být ovlivněn náročným aero-anaerobním tréninkem z 22.10 vyznačený v grafu číslo 6 červeně. V grafu číslo 5 je maximální nárůst tělesné vody vyznačen modrou šipkou. Následoval vrchol osmého dne, 26.10, kterému také předcházela náročná aero-anaerobní trénink, znázorněná červeně v grafu číslo 6. V desátý den, 28.10, se nárůst dal vysvětlit předpokládanou druhou aklimatizační krizí. Poslední nárůst tělesné vody dvanáctého dne, 30.10, mohl být ovlivněn náročným tréninkem ze dne 29.10.

5 DISKUSE

Při změnách nadmořské výšky probíhají v organismu fyziologické změny.

Sledováním množství tělesné vody bioelektrickou impedanční analýzou stejného přístroje by bylo možné zaznamenat průběh těchto změn, jak organismus reaguje na vyšší stupeň hypoxie, jak zvládá zatížení a aklimatizaci.

Nárůst vody se projevil jako indikátor většího zatížení. Organismus po náročných aero-anaerobních trénincích zadržoval vodu v souvislosti s obranným lymfatickým systémem. Dále množství vody probandům A, B, C, D shodně vystoupalo desátý den v období předpokládané aklimatizační krize a nárůst tělesné vody byl pozorovatelný též třetí den u probandů A, B, C v období první předpokládané aklimatizační krize.

Individuální rozdíly v procentech množství vody v těle během soustředění mohly ukázat na míru aklimatizace. Probandovi A, B a C tělesná voda během tréninkového kempu stoupla v porovnání s hodnotou příjezdovou, takže sledovaní nebyli dostatečně aklimatizováni. U probandů D a E procento vody v těle za pobyt kleslo, což ukázalo na úspěšné přizpůsobení se klimatickému i tréninkovému zatížení. Další naměřené hodnoty nebyly pro studii směrodatné. Zajímavé bylo sledovat změny množství viscerálního tuku. Ten se oproti celkovému ubývajícímu tuku (BF) probandům A a B zvýšil. To mohlo být důsledkem nepravidelné stravy.

Použití chytré osobní váhy jako přístroje vyhodnocujícího tělesné složení se projevilo jako vhodné, ale ne zcela přesné. Některé přístroje s bioimpedanční elektrickou analýzou dokáží vyhodnotit množství intra-celulární a extra-celulární tekutiny, to by mohlo přispět k přesnějšímu sledování změn tělesné vody. Některé přístroje vyhodnocují impedanci (fyzikální veličina, popisující odpor), což by se dalo použít jako korekční faktor k množství tělesné vody. Jiné přístroje pro zjišťování tělesného složení by byly pro kontrolu aklimatizace přesnější, ale finančně náročnější a na obsluhu technicky složitější. Chytré přenosné osobní váhy jsou běžně k sehnání a navíc podávají informaci o tělesné hmotnosti, což je pro vytrvalce důležitým číslem.

Výsledky měření byly ovlivněny skladbou tréninků, pohlavím a klimatickými podmínkami. Probandi A, B, C měli v intervenčním programu osmý den trénink v aero-anaerobním energetickém režimu a devátý den trénink v anaerobním režimu. Probandi D a E osmý den absolvovali náročnější trénink v aero-anaerobním energetickém režimu. To mohlo přispět k nárůstu vody v desátém dni ve všech pěti případech. U ženy se ukázaly největší výkyvy množství tělesné vody během intervenčního programu, protože její

fyziologické změny byly ovlivněny hormonálně. Stravu měli všichni probandi stejnou a pitný režim dodržovali individuálně. Jak již bylo řečeno, horský vzduch je výrazně sušší než vzduch v nížině a tělo vylučuje až 1 litr vody plícemi na zvlhčení. Proto byl pitný režim velice důležitý. Zúčastnění probandi uvedli, že v horách měli větší pocit žízně a vypili denně 3- 4 litry tekutin, což zabránilo dehydrataci a úbytku tělesné vody. Klimatické podmínky neovlivnily tréninkové plány probandů a barometrický tlak byl po dobu pobytu relativně konstantní.

6 ZÁVĚRY

Cílem této práce bylo zjistit, zda lze sledováním změn tělesné vody posoudit indikaci průběhu aklimatizace ve vyšší nadmořské výšce a tím přispět k efektivnějšímu vytrvaleckému tréninku.

Předpokládala jsem, že sledováním změn celkové tělesné vody (CTV) lze posoudit průběh aklimatizace. Během čtrnáctidenního pozorování pěti probandů jsem zjistila souvislosti mezi retencí tělesné vody a průběhem aklimatizace. Organismus se v průběhu tréninkového kempu specificky zavodňoval. Takže se moje hypotéza, že sledováním změn celkové tělesné vody (CTV) při výcvikových táborech ve vyšších nadmořských výškách, lze posoudit průběh aklimatizace, potvrdila.

Domnívala jsem se, že devátý až třináctý den tréninkového kempu ve vyšší nadmořské výšce dochází k retenčnímu vrcholu obsahu celkové tělesné vody v souvislosti s druhou aklimatizační krizí. K nejvyšší retenci vody u čtyř z pěti sledovaných případů došlo desátý den od příjezdu, čímž se moje druhá hypotéza, že devátý až třináctý den tréninkového výcvikového kempu ve vyšší nadmořské výšce dochází k retenčnímu vrcholu obsahu celkové tělesné vody, také potvrdila.

Dále mě zajímalo, zda metoda bioelektrické impedanční analýzy přenosné chytré osobní váhy je vhodná pro vyhodnocování aklimatizace na vyšší nadmořskou výšku. Použití metody bioelektrické impedanční analýzy chytré přenosné osobní váhy se pro měření vody v těle osvědčilo. Metoda kontrolovala případný stav dehydratace a současně kontrolovala zadržování vody v těle v případě vyšší zátěže.

Cíl této práce byl splněn. Ze zjištěných výsledků plyne, že pro práci trenérů by bylo vhodné používat chytré osobní váhy pro zjišťování kritických aklimatizačních období v návaznosti na stav tělesné vody a podle toho operativně přizpůsobovat tréninky. Zjistila jsem souvislosti mezi hodnotami naměřenými chytrou osobní váhou a mírou aklimatizace ve vyšší nadmořské výšce. Myslím si, že v současných podmínkách a možnostech dostupnosti sportovní přípravy v různých nadmořských výškách by tato metoda mohla přispět k větší efektivitě plánování a kontroly tréninkové zátěže. Pro detailnější posouzení celkové tělesné vody by bylo potřeba použít přístroje, který by rozlišil vodu extra-celulární a intra-celulární.

Bakalářská práce by mohla být využita k efektivnějšímu plánování vysokohorských soustředění běžců vytrvalců. Mohla by být přínosnou pro trenéry, kteří tréninkový kemp v horách se svými svěřenci chtějí absolvovat. Vypracování této bakalářské práce mi přineslo mnoho nových informací a rozšířila jsem si znalosti v oblasti vytrvalostní přípravy. Do budoucna bych se chtěla touto problematikou více zabývat a zjišťovat nové souvislosti mezi retencí celkové tělesné vody a mírou aklimatizace.

7 POUŽITÁ LITERATURA

- 1 ČELIKOVSKÝ, S. *Teorie pohybových schopností*, Praha: Univerzita Karlova Praha, 1975.
- 2 DOVALIL, J. *Lexikon sportovního tréninku*. 2., upr. vyd. Praha: Karolinum, 2008. ISBN 978-80-246-1404-5.
- 3 DEURENBERG, P.; DEURENBERG, Y.; SCHOUTEN, F. J. M. *Validity of total and segmental impedance measurements for prediction of body composition across ethnic population groups* [online]. IJCN, 2002. [cit. 14. 1. 2016]. Dostupné na <http://www.nature.com/ejcn/journal/v56/n3/full/1601303a.html>
- 3 DUREN, D. L.; SHERWOOD, R. J.; CZERWINSKI S. A. et al. *Body composition methods: comparisons and interpretation* [online]. Diabetes Sci Technol, 2008. [cit. 14. 1. 2016]. Dostupné na <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2769821/>.
- 4 HAVLÍČKOVÁ, L. *Fyziologie tělesné zátěže I: obecná část*. 2. vyd. Praha: Nakladatelství Karolinum, 1999. ISBN 80-7184-875-1.
- 5 CHOUTKA, M.; DOVALIL, J. *Sportovní trénink*. Praha: Olympia, 1987. Naučná literatura.
- 6 JANSÁ, P.; DOVALIL, L.; BUNC, a spol. V. *Sportovní příprava: vybrané kinantropologické obory k podpoře aktivního životního stylu*. Rozš. 2. vyd. Praha: Q-art, 2009. ISBN 978-80-903280-9-9.
- 7 MALÁ, L. et al. *Fitness Assessment- body composition*. Prague: Karolinum Press, 2014. ISBN 978-80-246-2560.
- 8 PAŘÍZKOVÁ, J. *Složení těla a lipidový metabolismus za různého pohybového režimu*. Praha: Zdravotnické nakladatelství Avicenum, 1973.
- 9 PAŘÍZKOVÁ, J. *Složení těla, metody měření a využití ve výzkumu a lékařské praxi*. Med Sport Boh Slov, 1998.
- 10 PAŘÍZKOVÁ, J. *Body fat and physical fitness: body composition and lipid metabolism in different regimes of physical activity*. Hague: Nijhoff, 1977. ISBN 90-247-1925-9.
- 11 PERIČ, T.; DOVALIL, J. *Sportovní trénink*. Praha: Grada, 2010. ISBN 978-80-247-2118-7.
- 12 SUCHÝ, J. *Trénink ve vyšší nadmořské výšce*. Praha: Mladá fronta, 2014. ISBN: 978-80-204-3469-2.

- 13 ŠIMEK, J. *Číslo o lidském těle a jak jím rozumět*. Praha: Victoria Publishing, 1995.
ISBN 80-85865-84-X.

8 SEZNAM TABULEK A GRAFŮ

Tabulka č.1- Charakteristika jednotlivých probandů.....	32
Tabulka č.2- <i>Změny tělesného složení v průběhu VT Štrbské pleso. Proband A.....</i>	33
Graf č.1- <i>Změny CTV v průběhu VT Štrbské pleso. Proband A.....</i>	34
Graf č. 2- <i>Zóny intenzit zatížení v průběhu VT Štrbské pleso. Proband A.....</i>	34
Tabulka č.3- <i>Změny tělesného složení v průběhu VT Štrbské pleso. Proband B.....</i>	35
Graf č. 3- <i>Změny CTV v průběhu VT Štrbské pleso. Proband B.....</i>	35
Graf č. 4- <i>Zóny intenzit zatížení v průběhu VT Štrbské pleso. Proband B.....</i>	35
Tabulka č.4- <i>Změny tělesného složení v průběhu VT Štrbské pleso. Proband C.....</i>	36
Graf č. 5- <i>Změny CTV v průběhu VT Štrbské pleso. Proband C.....</i>	37
Graf č. 6- <i>Zóny intenzit zatížení v průběhu VT Štrbské pleso. Proband C.....</i>	37
Tabulka č.5- <i>Změny tělesného složení v průběhu VT Štrbské pleso. Proband D.....</i>	38
Graf č. 7- <i>Změny CTV v průběhu VT Štrbské pleso. Proband D.....</i>	39
Graf č. 8- <i>Zóny intenzit zatížení v průběhu VT Štrbské pleso. Proband D.....</i>	39
Tabulka č.6- <i>Změny tělesného složení v průběhu VT Štrbské pleso. Proband E.....</i>	39
Graf č. 9- <i>Změny CTV v průběhu VT Štrbské pleso. Proband E.....</i>	40
Graf č. 10- <i>Zóny intenzit zatížení v průběhu VT Štrbské pleso. Proband E.....</i>	40

9 PŘÍLOHY

Fotografie přístroje:



zdroj: <https://i.cdn.nrholding.net/16625071/450/450/>

Tabulka č.7- *Tréninkový plán a počasí v průběhu VT Štrbské pleso pro Probandy A, B, C*

Ne 18/10	Příjezd	Mírné srážky, 6 °C, 760 mmHg
Po 19/10	Pěší túra 23 km Stretching + jóga	Slunečno, 5 °C, 764 mmHg
	Souvislý běh 6km- volně Posilovna	
Út 20/10	Stretching + jóga Souvislý běh 12 km- volně	Sníh, 3 °C, 761 mmHg

	Rozklusání 3 km, běžecká a odrazová cvičení, 20 x 100 m rovinky, vklusání 2 km	
St 21/10	Stretching + jóga Pěší túra 19 km	Srážky, mlha, 2°C, 763 mmHg
	Souvislý nepřerušovaný běh 14 km, stretching	Sauna
Čt 22/10	Stretching + jóga Rozklusání 3 km, běžecká a odrazová cvičení, 20 x 100 m rovinky, 2 km vyklusání	Mírné srážky, 3°C, 763 mmHg
	Volno	
Pá 23/10	Stretching + jóga Souvislý běh 15 km	Oblačno, 3,5 °C, 765 mmHg
	Rozklusání 3 km, 20 x 100 m rovinky, vyklusání 2 km	
So 24/10	Pěší túra 22 km	Slunečno, 4 °C, 768 mmHg
	Kondiční a kompenzační cviky	
Ne 25/10	Stretching + jóga Souvislý běh 15 km	Slunečno, 5,2°C, 767 mmHg
	Souvislý běh 12 km- volně	Wellness
Po 26/10	Stretching + jóga Rozklusání 2 km, 4 x 2km + 2 x 1km, vyklusání 2 km	Oblačno, 4°C, 770 mmHg
	Volno	
Út 27/10	Stretching + jóga Posilovna	Slunečno, 3,5°C, 770 mmHg
	Lehký regenerační klus 10 km, stretching	
St 28/10	Stretching + jóga Souvislý běh 15 km	Slunečno, 4°C, 767

		mmHg
	Rozklusání 3 km, běžecká a odrazová cvičení, výběhy do kopce 3 x (6 x 90-120 m), vyklusání 2 km	Sauna
Čt 29/10	Stretching + jóga Rozklusání 3 km, 8 x 1 km, vyklusání 2 km	Oblačno, 4°C, 765 mmHg
	Regenerační klus 8 km, stretching	
Pá 30/10	Stretching + jóga Rozklusání 3 km, běžecká a odrazová cvičení, 10 x 60 m svižně rovinky, vyklusání 2km	Mírně oblačno, 6°C, 771 mmHg
	Kompenzační a kondiční cvičení	
So 31/10	Pěší túra 21 km	Slunečno, 6°C, 777 mmHg
	Souvislý běh 10 km- volně	Wellness
Ne 1/11	Odjezd	Jasno, 7°C, 764 mmHg

https://www.meteoblue.com/cs/po%C4%8Das%C3%AD/p%C5%99edpov%C4%9B%C4%8F/archive/%C5%A0trbsk%C3%A9-pleso_slovensko_723465

<http://www.worldweatheronline.com/v2/historical-weather.aspx?q=Prague,%20Czech%20Republic>

Tabulka č.8- *Tréninkový plán a počasí v průběhu VT Štrbské pleso pro Probandy D, E*

Ne 18/10	Příjezd	Mírné srážky, 6 °C, 760 mmHg
Po 19/10	Pěší túra 8 km	Slunečno, 5 °C, 764 mmHg
	Lehký klus 6 km, ABC/mkl,chuze klus- různě všechny cviky a jejich variace- cca 20 cvičení- cca 20 m	
Út 20/10	Rozklus 3 km, 8,8 km stupňovaný běh- poslední 4,4 km pod 4min/km, chůze	Srážky, 3 °C, 761 mmHg
St 21/10	Pěší túra 19 km	Srážky, mlha, 2°C, 763 mmHg
Čt 22/10	Rozklus 2 km, 3 x 2,2 km, výklus 2 km	Mírné srážky, 3°C, 763 mmHg
	Klus 10 km	
Pá 23/10	Klus 15 km	Oblačno, 3,5 °C, 765 mmHg
So 24/10	Pěší túra 22 km	Slunečno, 4 °C, 768 mmHg
Ne 25/10	Posilovna	Slunečno, 5,2°C, 767 mmHg
	Rozklus 2 km, stupňovaně 8,8 km, výklus 2 km	Wellness
Po 26/10	Rozklus 2 km, 6 x 1 km, výklus 2 km	Oblačno, 4°C, 770 mmHg
	Klus 10 km	
Út 27/10	Pěší túra 14 km	Slunečno, 3,5°C, 770 mmHg
	Lehký klus 10 km, stretching	

St 28/10	Rozklus 3km, posilovna, výklus 3 km	Slunečno, 4°C, 767 mmHg
	Rozklus 2 km, 5 x 2,2 km, výklus 2,2 km	Sauna
Čt 29/10	Rozklus 2km, 4 x 2,2 km/ 3min, výklus 2 km	Oblačno, 4°C, 765 mmHg
	Klus 10 km	
Pá 30/10	Rozklus 2 km, rovinky do kopce 10 x 100 m, výklus 2 km	Mírně oblačno, 6°C, 771 mmHg
	Klus 10 km	
So 31/10	Klus 18 km	Slunečno, 6°C, 777 mmHg
Ne 1/11	Odjezd	Jasno, 7°C, 764 mmHg

https://www.meteoblue.com/cs/po%C4%8Das%C3%AD/p%C5%99edpov%C4%9B%C4%8F/archive/%C5%A0trbsk%C3%A9-pleso_slovensko_723465

<http://www.worldweatheronline.com/v2/historical-weather.aspx?q=Prague,%20Czech%20Republic>

Univerzita Karlova v Praze, Pedagogická fakulta

M.D. Rettigové 4, 116 39 Praha 1

Prohlášení žadatele o nahlédnutí do listinné podoby závěrečné práce

Evidenční list

Jsem si vědom/a, že závěrečná práce je autorským dílem a že informace získané nahlédnutím do zveřejněné

závěrečné práce nemohou být použity k výdělečným účelům, ani nemohou být vydávány za studijní, vědeckou

nebo jinou tvůrčí činnost jiné osoby než autora.

Byl/a jsem seznámen/a se skutečností, že si mohu pořizovat výpisy, opisy nebo rozmnoženiny závěrečné práce,

jsem však povinen/povinna s nimi nakládat jako s autorským dílem a zachovávat pravidla uvedená v předchozím

odstavci tohoto prohlášení.

Poř. č.	Datum	Jméno a příjmení	Adresa trvalého bydliště	Podpis
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				
6.				
7.				
8.				
9.				
10.				